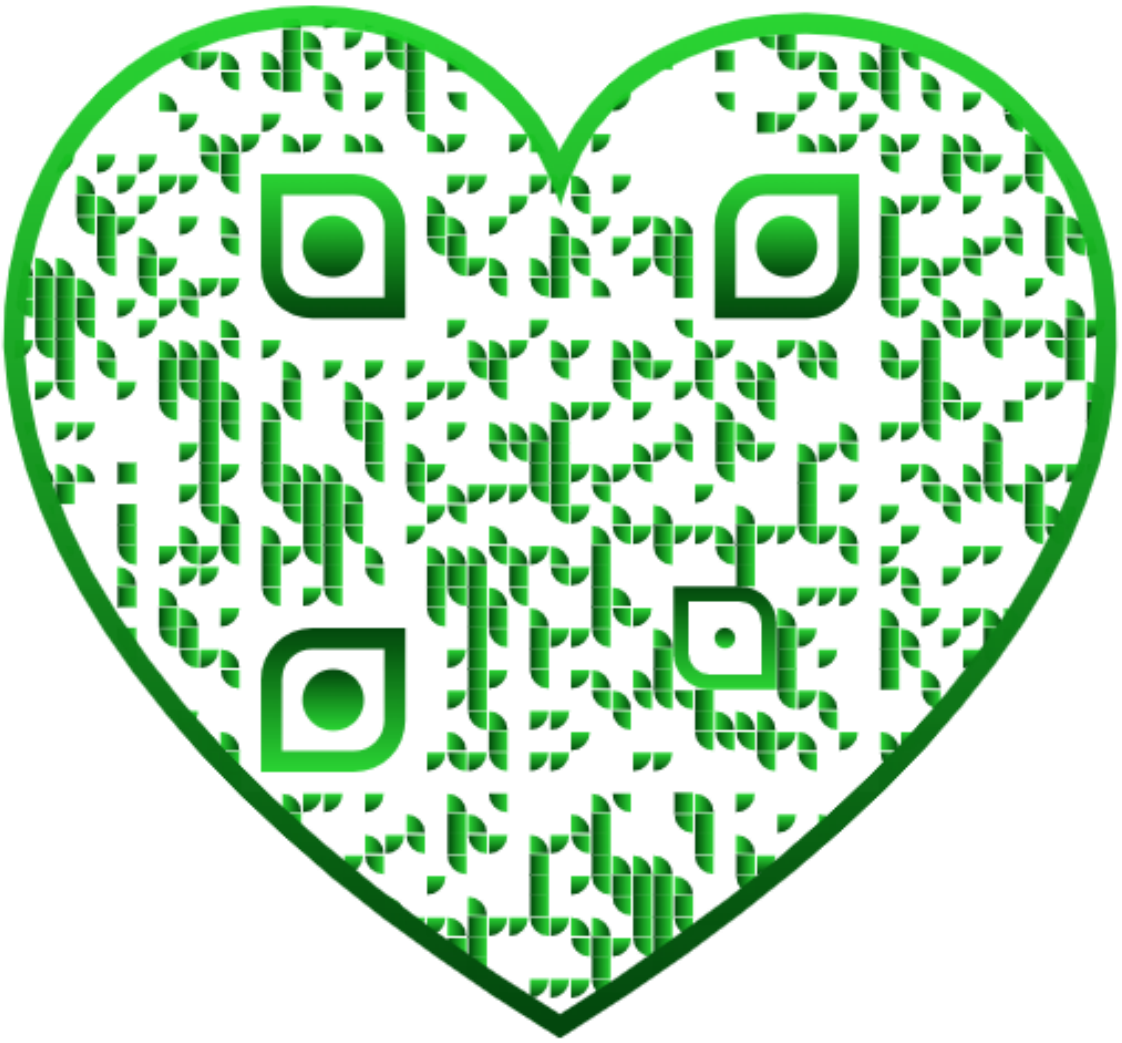
Agrodok 10

La culture du soja et d'autres légumineuses

Rienke Nieuwenhuis
Joke Nieuwelink

SHOUT
SHARE
IT



© Fondation Agromisa, Wageningen, 2005.

Tous droits réservés. Aucune reproduction de cet ouvrage, même partielle, quelque soit le procédé, impression, photocopie, microfilm ou autre, n'est autorisée sans la permission écrite de l'éditeur.

Première édition : 2002
Secondaire édition : 2005

Auteurs : Rienke Nieuwenhuis, Joke Nieuwelink
Editors : Rienke Nieuwenhuis, Marten Voogt
Illustrators : Barbera Oranje, Mamadi B. Jabbi
Conception : Eva Kok
Traduction : Brigitte Venturi
Imprimé par : Digigrafi, Wageningen, Pays-Bas

ISBN : 90-8573-012-0

NUGI : 835

Avant-propos

Cet Agrodok est basé sur une version antérieure plus succincte. Le texte a été étoffé pour inclure des informations plus pratiques sur la culture et la transformation du soja et autres légumineuses en produits alimentaires nutritifs. Cette brochure aborde donc, outre le soja, les autres légumineuses de façon à répondre aux besoins du plus grand nombre de régions possibles.

Le soja est une légumineuse possédant de nombreuses vertus. Il permet en outre d'améliorer les systèmes agricoles et peut être transformé en produits divers enrichissant l'alimentation quotidienne d'une famille et fournissant de nouveaux revenus. Dans cette nouvelle édition, nous prêtons une attention toute particulière à cette culture. Dans bien des régions cependant, le soja n'est pas cultivable et d'autres légumineuses, possédant les mêmes vertus, peuvent alors être cultivées.

Cet Agrodok a pour objectif d'aider les cultivateurs et conseillers agricoles à faire les bons choix en fonction des circonstances spécifiques à leur région.

Sommaire

1 Introduction 6

2 L'intérêt des légumineuses 7
2.1 Les légumineuses 7
2.2 Le soja 9

3 Conditions préliminaires à la culture des légumineuses 10
3.1 Régions propices à la culture des légumineuses 10
3.2 Le climat 13
3.3 Variétés/races 16
3.4 Le sol 19

4 Intégration dans les systèmes agricoles en place 22
4.1 Intégration à l'élevage 23
4.2 Systèmes culturaux mixtes/en rotation en Asie 25
4.3 Systèmes mixtes/de rotation des cultures en Afrique 26
4.4 Travail nécessaire à la production de légumineuses 27

5 La culture du soja 29
5.1 Stockage du soja et sélection des bonnes graines 29
5.2 Traitement de la graine pour améliorer la fixation d'azote 31
5.3 Densité de semis et méthodes d'ensemencement 32
5.4 Période d'ensemencement 34
5.5 Culture sur des sols non labourés 35
5.6 Désherbage 36
5.7 Plaies 37
5.8 Maladies 38
5.9 Récolte 38
5.10 Production de soja sur une grande échelle en Amérique du Sud : remarques 39

6 Le soja : une alimentation riche 40
6.1 Qu'est-ce qu'une bonne alimentation ? 40
6.2 Qu'est-ce que la malnutrition ? 43
6.3 Le soja et autres légumineuses 46

7 Le soja dans l'alimentation quotidienne 50
7.1 Savoir le conserver 50
7.2 Faire chauffer avant toute chose ! 50
7.3 Préparation de repas et produits 52

8 Recettes 58
8.1 Soja en appoint 58
8.2 Plats principaux 59
8.3 Pain et gâteaux 61
8.4 Recettes diverses 63

9 L'introduction du soja au niveau local 64

Annexe 1 : Légumineuses 66

Annexe 2 : Traitement du soja au rhizobium 68

Annexe 3 : Information sur l'inoculation 72

Bibliographie 74

1 Introduction

Beaucoup de paysans s'inquiètent de savoir comment assurer une alimentation suffisante et de bonne qualité à leur famille. La baisse de fertilité des sols et l'érosion font que les récoltes se font de plus en plus maigres et, du fait de la croissance démographique et de l'urbanisation, on dispose de moins de terre par famille pour produire sa nourriture. Les intrants comme les engrais chimiques et autres produits chimiques agricoles coûtent toujours plus chers et le prix des produits vendus par les paysans n'augmente pas en conséquence. Dans de nombreuses familles, non seulement on ne mange pas assez mais en plus, la nourriture absorbée ne contient pas suffisamment de substances nutritives pour permettre aux enfants de devenir des adultes sains et forts et pour permettre à tous de mieux résister aux maladies.

En cultivant des légumineuses, les paysans peuvent résoudre ces problèmes.

Les légumineuses absorbent l'azote de l'air et l'utilisent pour leur propre croissance. Elles peuvent donc améliorer la fertilité du sol et permettent ainsi d'obtenir de meilleures récoltes pour les plantes cultivées après elles sur le même terrain. Les légumineuses contenant beaucoup de substances nutritives, elles contribuent à améliorer la qualité de l'alimentation familiale. On peut par ailleurs les utiliser pour fabriquer des produits que la famille consommera ou qui seront vendus, ce qui contribuera à augmenter les revenus familiaux.

Cet Agrodok est destiné aux paysans qui veulent en savoir plus sur les possibilités offertes par les légumineuses et aux conseillers agricoles qui veulent aider les paysans à exploiter ces possibilités. Ils trouveront dans ce livre la réponse à leurs questions, et notamment à celles-ci :

- Que sont les légumineuses ?
- Comment peut-on les cultiver ?
- Quels produits peut-on préparer à partir du soja et des autres légumineuses ?

2 L'intérêt des légumineuses

Toutes les plantes portant des fruits en gousse appartiennent à la famille des légumineuses. Les légumineuses peuvent absorber l'azote de l'air. Or, l'azote est la substance nutritive la plus importante pour les plantes et la plupart des sols tropicaux renferment trop peu de cette substance pour que les plantes y poussent bien. C'est pourquoi il est utile de cultiver des légumineuses en plus des autres plantes comme les pommes de terre, le riz, le maïs ou d'autres graines qui ne possèdent pas cette propriété. Grâce à leurs qualités nutritives, les légumineuses constituent par ailleurs un apport important à l'alimentation quotidienne des êtres humains et des animaux.

L'azote contenu dans l'air est absorbé par la plante légumineuse qui l'utilise pour sa croissance et la conserve dans ce qu'on appelle les tubercules. Une fois la plante récoltée, les tubercules qui sont restés en terre pourrissent, libérant l'azote qui peut ainsi être absorbé par une autre plante mise en culture dans le même champ. Les légumineuses ont des fruits en gousse (pois, fèves ou haricots) faciles à préparer. Le soja est une exception puisqu'il porte des fèves qu'on ne peut manger cru. Les fèves de soja possèdent cependant une propriété spécifique qui les rend intéressantes à cultiver et à préparer. Elles sont très riches en substances nutritives et plusieurs produits alimentaires peuvent être préparés à partir de ces seules fèves. On peut s'assurer un revenu aussi bien avec la vente des fèves qu'avec la vente de produits tirés du soja. C'est pour cette raison que cet Agrodok sur les légumineuses se penche longuement sur cette plante.

2.1 Les légumineuses

Comme le montre le tableau 1, les légumineuses qui fournissent des graines sèches pour la consommation humaine sont cultivées dans le monde entier. Certaines fèves fournissent une huile, comme l'arachide et le soja (source oléagineuse), d'autres se mangent principalement cuites ou comme légume sec. Les graines sont parfois moulues en fa-

rine pour la préparation de différents plats. Ce qui reste de la plante une fois les fèves retirées constitue un très bon fourrage ou peut être enfoui sous terre pour la fertiliser.

Certaines légumineuses peuvent aussi être cultivées en association avec des céréales et contribuer ainsi à accroître la production et augmenter la fertilité du sol. Le dolique est souvent cultivé en association avec le millet ou le maïs.

D'autres plantes de cette famille ont une valeur d'engrais vert. La plante est semée puis retournée dans le sol sans qu'elle soit d'un intérêt économique quelconque. Il peut donc être difficile de motiver les paysans à les cultiver. Certaines légumineuses peuvent par ailleurs servir de tapis végétal. Elles sont alors semées parmi une autre culture, comme le maïs, qui ne recouvre pas complètement le sol.

Tableau 1 : Production dans le monde de légumineuses sous forme de légumes secs comme les pois, les haricots de Lima, les doliques, les pois chiches, etc. (Source : ACIAR Proceedings no. 18 , 1986)

Continent/pays	Production (1000 tonnes)	Récolte (kg/ ha)
Afrique	7026	646
Côte d'Ivoire	8	672
Tanzanie	362	539
Zaïre	127	634
Zimbabwe	51	734
Amérique	6847	644
Argentine	273	1020
Mexique	1331	648
Paraguay	39	713
Asie	24551	688
Chine	5640	1276
Inde	12985	544
Indonésie	354	829
Europe	5294	1632
Monde	55200	807

Aperçu des possibilités d'utilisation des légumineuses

Plantes
- Combinées avec d'autres plantes pour améliorer la fertilité du sol
- Engrais vert
- Tapis végétal

Résidus
- fourrage
- travaillé dans le sol pour améliorer la fertilité du sol

Graines
- source importante d'huile végétale
- cuites et mangées comme pois cassés
- moulues en farine et incorporées dans des préparations alimentaires

2.2 Le soja

Comme l'indique le tableau ci-dessous, le soja est cultivé dans le monde entier. En Amérique du Nord et du Sud ainsi qu'en Europe, la culture du soja se fait surtout de façon mécanisée. En Asie par contre, le soja est surtout cultivé manuellement et sur des petites surfaces alors qu'en Afrique, il est encore très peu cultivé. Le soja est connu depuis très longtemps en Asie où on le récolte et le transforme depuis des siècles.

En Bolivie (Amérique du Sud), le soja est surtout produit pour son huile, qui est fabriquée industriellement. L'huile de soja bolivienne est commercialisée à travers le monde depuis 1985 et sa production a fortement augmenté depuis : de 60 000 ha en 1985 à 330 000 ha pour la période de production 1994-1995.

Tableau 2 : Culture du soja dans le monde et dans les différents continents, 1996. (Source : Meneses et al., 1996)

Région ou pays producteur	Nombre d'hectares (1000 ha)	Récolte (kg/ha)
Production mondiale	57778	1920
Afrique (Nigeria)	401	1270
Asie (Chine, Inde)	15439	1340
Europe (Italie)	547	2840
Amérique du Nord	23837	2170
Amérique du Sud	16787	2140

3 Conditions préliminaires à la culture des légumineuses

Ce chapitre expose les facteurs qui entrent en ligne de compte dans la culture du soja et d'autres légumineuses. Avant que les paysans puissent se faire une opinion sur l'intérêt à cultiver une ou plusieurs légumineuses, ils doivent être au courant d'un certain nombre de choses :

- le type de climat qui convient aux plantes ;
- les exigences des plantes en matière de fertilité du sol ;
- la période à laquelle on peut semer les légumineuses ;
- les variétés adaptées ;
- comment insérer cette culture dans les autres activités de l'exploitation.

Des exemples concrets permettent de se faire une idée précise sur la façon d'intégrer les légumineuses dans son propre système agricole et sur les conditions propices à la culture des légumineuses sur les différents continents.

3.1 Régions propices à la culture des légumineuses

Pour donner une idée des différentes conditions dans lesquelles le soja et les autres légumineuses poussent bien, nous présentons ci-dessous une description des environnements agroclimatiques qui conviennent à la culture des légumineuses.

Terrasses surélevées en bordure de rivière et collines où on pratique l'assolement

Le système de l'assolement consiste à défricher une parcelle de bois, à brûler les résidus végétaux puis à mettre en culture la terre rendue ainsi disponible.

Figure 1 : Exemple de culture par assolement sans que tous les arbres soient coupés. (parcelle entre des arbres sur laquelle se pratique la culture de diverses plantes, dont le soja).

Les cendres des détritus brûlés renferment beaucoup de substances nutritives qui permettent de pratiquer, à la première saison, des cultures très exigeantes en terme de fertilité du sol. On pratique ensuite d'autres cultures dans les saisons qui suivent.

Auparavant, on poursuivait les cultures pendant 3 à 4 ans, jusqu'à ce que le sol soit épuisé et qu'il devienne trop difficile à désherber. La terre était alors mise au repos pour 10 à 15 ans, ce qui permettait au sol de se reconstituer et le cycle pouvait recommencer à son début. De nos jours, ce système est remis en cause car la période de jachère pendant laquelle la végétation peut se renouveler et la fertilité du sol se rétablir est de plus en plus courte. La durée idéale d'une jachère était

de dix ans mais on constate qu'elle a été de plus en plus écourtée et que dans bien des endroits, la terre est cultivée à chaque saison des pluies. Les mauvaises herbes deviennent plus difficiles à maîtriser et la fertilité du sol recule constamment, le problème le plus grave étant surtout le manque d'azote dans le sol. Les légumineuses peuvent aider à combattre le problème du manque d'azote et des mauvaises herbes. Le Mucuna utilis permet par exemple de repousser l'Imperata, une sorte d'herbe très résistante qui oblige souvent les paysans à cesser de cultiver une parcelle de terre.

Basses terres le long des rivières et côtes où on cultive souvent du riz.

Les sols y sont formés par les alluvions des rivières. Là où originellement poussaient des mangroves, les sols sont bien souvent impropres à la culture car ils peuvent devenir très acides s'ils sont asséchés après la pratique de la riziculture. Les autres sols qui n'ont pas subi l'action de l'eau salée sont moins acides et conviennent mieux au développement de l'agriculture. Ces régions étant souvent inondées pendant la saison des pluies, le riz est souvent la seule plante qui peut y être cultivée. Lorsque l'eau se retire, après la récolte du riz, on peut faire pousser des légumineuses en deuxième culture car le sol est encore humide. Lorsque l'irrigation est possible, on peut également mettre à profit la saison sèche pour une autre culture.

Les régions de terres hautes

Beaucoup de légumineuses consommables sont cultivées dans les régions de terres hautes au-dessus de 1000 mètres. Ces régions se caractérisent par de basses températures, la sécheresse et une saison de croissance des plantes relativement courte. Les parcelles sont souvent petites et la mécanisation quasiment impossible. On y travaille donc la terre à la main ou avec des animaux de trait. Les légumineuses y sont aussi bien cultivées en combinaison, avec du maïs notamment, qu'en monoculture. Le rendement à l'are est souvent peu élevé mais les graines constituent un apport énergétique et en protéines important pour de nombreuses familles. C'est surtout dans les régions où les sols sont pauvres que l'on cultive des légumineuses comme les pois chi-

ches, les pois, les fèves, les lentilles parce que ceux-ci résistent bien à la séche-resse et parce que leurs résidus peuvent être utilisés comme fourrage.

Dans ces zones marginales, l'érosion est souvent un problème. C'est pourquoi, dans certaines régions, les paysans ont développé une métho-de consistant à travailler la terre en la remontant suivant des lignes le plus horizontales possible. On a alors des buttes transversales derrière lesquelles l'eau de pluie s'accumule pour être lentement absorbée dans le sol. Si l'on fait des buttes remontant la colline, l'eau de pluie s'écoulera rapidement en emportant beaucoup de matériaux avec elle, ce qui provoquera l'érosion. En cas de pluies très abondantes, il est possible que l'eau ne s'infiltre pas assez rapidement dans le sol. Elle cherchera alors un chemin par-dessus les buttes et provoquera là encore l'érosion. Il vaut donc mieux construire ces buttes en travers des collines de sorte qu'une partie de l'eau puisse s'infiltrer et que l'eau en surplus s'écoule.

C'est ainsi que dans les hautes terres boliviennes par exemple où les précipitations sont très irrégulières, l'on essaie d'estimer la quantité d'eau de pluie qu'il va tomber au moyen de méthodes prévisionnelles traditionnelles. Si l'on s'attend à beaucoup de pluie, on arrangera les buttes plus dans le sens de la pente. Si l'on s'attend à peu de pluie, on arrangera les buttes quasiment à l'horizontale.

3.2 Le climat

En s'aidant des données climatiques qui valent sur place et des données fournies dans l'annexe 1, on peut déjà faire un choix quant à la/aux légumineuse(s) que l'on peut cultiver. Certaines légumineuses s'adaptent mieux aux climats frais avec des périodes de froid alors que d'autres pousseront mieux dans un climat chaud et humide, comme dans les terres basses tropicales. Il existe aussi des légumineuses qui s'adaptent bien à l'extrême sécheresse et à la chaleur.

Légumineuses et conditions climatiques

Les légumes alimentaires ont des capacités d'adaptation très différentes aux latitudes, aux températures, à la longueur des jours et à l'humidité. Certains poussent le mieux lorsque les températures sont relativement basses et les journées longues alors que d'autres croissent lorsque les températures sont élevées et que les journées durent 12 heures ou plus. C'est peut-être une des raisons pour lesquelles on trouve presque toujours une sorte de légume à cultiver, quel que soit le climat. Il n'en reste pas moins que la capacité d'adaptation de chaque espèce ou cultivar pris individuellement est assez restreinte (Sinha 1977).

Climats frais avec des périodes de froid sous hautes latitudes ou dans des régions tropicales en altitude

Les graines cultivées dans les régions tempérées, comme les lentilles (Lens culinaris), les pois et autres haricots comme les flageolets (Phaseolus sp.) et les pois chiches (Cicer arietinum) viennent originellement de l'Asie occidentale et de la région méditerranéenne où on les cultive depuis des milliers d'années. Au fil du temps, on les a retrouvées sur le sous-continent indien et en Chine. Les pois et les fèves sont aussi remontés vers le nord, dans les régions froides de l'Europe du Nord. Ils ont été également introduits plus tard en Amérique du Nord et du Sud, en Australie et en Afrique du Sud. On en trouve aussi dans les régions en altitude d'Afrique, comme par exemple en Ethiopie et au Kenya.

Climats tropicaux humides

Le soja (Glycine max) et les pois cajan (Cajanus cajan) poussent dans les climats assez chauds et humides.

Climats secs/chauds

Le niébé (Vigna inguiculata), les haricots mungo (d'espèces Vigna aureus et Vigna mungo) et l'arachide (Arachis hypogaea) peuvent supporter des sécheresses extrêmes et des températures très élevées. Les arachides sont par exemple cultivées sous les régions tropicales semi-arides et à tendance humide d'Afrique, d'Asie du Sud-Est et d'Amérique centrale situées entre 30° de latitude nord et 30° de latitude sud.

Exigences climatiques du soja

Le soja est cultivé en Bolivie subtropicale, entre 15-20° de latitude sud, sous des températures assez élevées (22-32 °C), un taux d'humidité relativement important (> 65%) et des journées courtes (12-13 heures à basse altitude <700m au-dessus du niveau de la mer et avec des précipitations annuelles de 800-1300 mm). La température minimale pour que le soja pousse est de 10 °C et la température optimale de 22 °C, avec un maximum d'environ 40 °C. La graine germe bien lorsque la température varie de 15 à 40 °C, avec une température optimale autour de 30 °C.

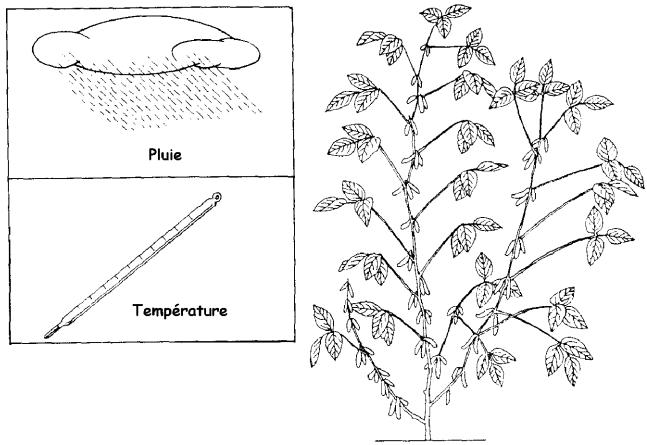


Figure 2 : La graine de soja pousse de façon optimale lorsqu'elle bénéficie d'une quantité d'eau, d'une température et d'une lumière diurne adaptées.

Adaptation au froid

Le soja est souvent cultivé à des températures diurne/nocturne de 30°/25 °C. Les températures nocturnes semblent avoir une plus grande influence sur la plante que les températures diurnes. Si la température descend la nuit en dessous du seuil critique de 10 °C, cela peut occasionner plus de dégâts que si les températures sont basses pendant la journée, pour autant que celles-ci restent en dessus de ces 10 °C.

En Tokachi au Japon, région située entre 42°20’ et 43°30’N, on récolte beaucoup moins de soja/ha lors des années froides que pendant les années normales. Les années où il fait froid, le soja fleurit et mûrit plus tardivement, donne moins de gousses et ses fèves pèsent aussi moins lourd.

En général, les races dont les fèves sont plus grosses, les feuilles plus velues et plus larges et qui croissent vigoureusement dès les premiers stades, fournissent une récolte relativement bonne dans les années froides. A l’inverse, les races glabres et moins robustes donnent moins de graines et rendront moins. La robustesse à un stade précoce de la croissance a beaucoup à voir avec le rendement de la récolte. Plus la plante se développe précocement, plus la production de graines sera élevée, surtout s’il fait froid. Les races ayant de petites graines germent rapidement mais résistent mal aux climats froids.

Besoin en eau

Le soja connaît deux périodes critiques en ce qui concerne son besoin en eau : à partir du moment où il est semé jusqu’à la germination, et pendant le remplissage des gousses. Pendant la germination, la graine doit absorber 50% de son poids avant de pouvoir germer. Un excès d’eau peut cependant être plus fatal à cette phase qu’un manque d’eau. Le sol doit être saturé de 50 à 85% d’eau. Le besoin en eau augmente à mesure que la plante se développe et atteint son maximum lors du remplissage des gousses (de 7 à 8 mm par jour) pour diminuer ensuite. Pour obtenir une bonne récolte, il faut que le soja absorbe 450 à 800 mm d’eau, en fonction du climat, au cours de tout le cycle. (quand il fait très chaud, l’eau s’évapore plus et il faut donc plus de précipitations pour fournir suffisamment d’eau à la plante).

3.3 Variétés/races

Variétés de légumineuses

La plupart des sortes de légumineuses connaissent des variétés locales et de nombreux instituts de recherche agricole dans le monde ont développé de nouvelles races ayant des qualités intéressantes comme la

résistance aux maladies et aux plaies, de plus hauts rendements, une maturation plus rapide, etc. Les paysans ont souvent une grande connaissance des variétés locales qu'ils cultivent et savent quelles variétés il vaut mieux cultiver dans quelles conditions. Ils sèment souvent plusieurs variétés de la même plante pour répartir le risque. Si un champ ensemencé avec une certaine variété est atteint d'une maladie, d'une plaie ou souffre des mauvaises conditions climatiques, il y en a toujours un autre, ensemencé avec une autre variété, qui résistera mieux. Les races mises au point dans les centres agricoles peuvent être alors un bon complément. Si une nouvelle légumineuse est introduite dans une région, elle provient assurément d'un institut agricole car les paysans ne peuvent souvent choisir que parmi les races mises au point dans ces instituts. Ce choix est la plupart du temps trop limité pour que les risques soient bien répartis. L'introduction d'une seule race ou d'une seule variété entraîne de grands risques pour les paysans. En lançant la culture d'une nouvelle légumineuse dans une région, il faut faire très attention à ce que les paysans aient le choix entre plusieurs races et variétés. Si ce n'est pas possible, il est alors conseillé d'introduire plusieurs espèces de légumineuses (Annexe 1).

Figure 3 : Semences de diverses variétés de légumineuses : Il faut bien faire attention aux différences de taille et de forme !

Les différentes variétés d'une plante ont chacune des caractéristiques génétiques propres. Les différences sont apparues parce que la plante cultivée a dû s'adapter à différentes conditions.

Les variétés cultivées (cultivars) ont également des car-actéristiques génétiques différentes dues cette fois aux croisements artificiels ou aux manipulations génétiques effectués dans des conditions maîtrisées, dans des instituts agricoles notamment.

La sensibilité à la durée du jour est un facteur important pour les légumineuses car elle joue non seulement un rôle dans le choix de l'espèce mais aussi de la variété. (voir également 4.4 sur le travail nécessaire à la récolte dans lequel le choix de la variété joue aussi un rôle)

Le soja

Le soja est sensible à la durée du jour ; cette plante pousse quand les jours sont courts, c'est-à-dire qu'elle fleurit quand les jours durent moins de 16 heures. Les variétés très précoces fleurissent 30 à 35 jours après les semis et mûrissent en 75 à 105 jours. Ces variétés sont peu productives. Les variétés plus tardives fleurissent à 30-35 jours après les semis et mûrissent en 110 –140 jours. Leur productivité est bonne.

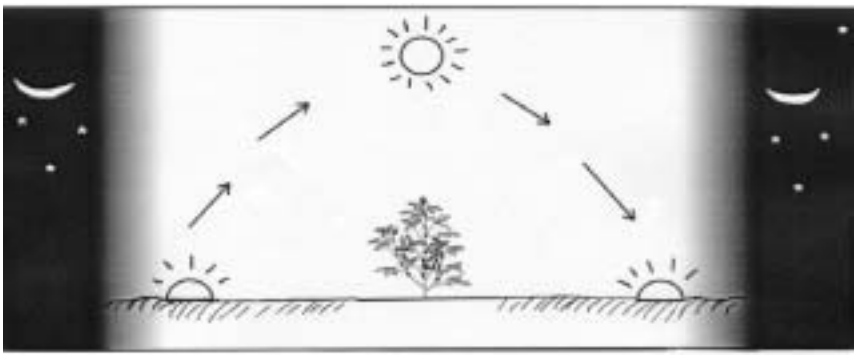


Figure 4 : Durée du jour : le soja fleurit lorsque la durée du jour ne dépasse pas 12 à 14 heures.

Les variétés tardives produisent beaucoup de feuillage, ce qui peut être intéressant dans les exploitations agricoles intégrées où on pratique l'élevage car le feuillage de soja constitue une bonne alimentation animale riche en protéines et digestible. En Côte d'Ivoire (Afrique de l'Ouest), les variétés précoces sont plus adaptées car la saison des pluies est courte.

3.4 Le sol

Le sol est un facteur très important pour la croissance des légumineuses. Le tableau présenté dans l'annexe 1 donne plus d'informations à ce sujet, et ce pour les différentes légumineuses.

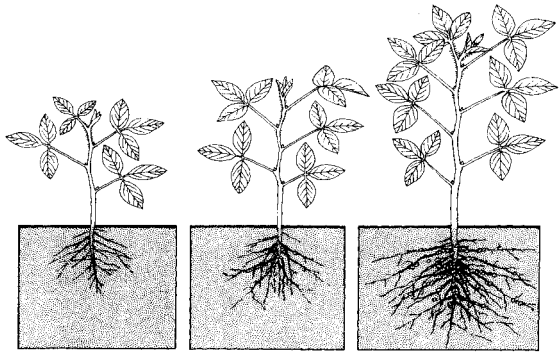
Les légumineuses peuvent par ailleurs contribuer à améliorer la fertilité du sol, ce dont profiteront les cultures qui suivent.

Composition du sol

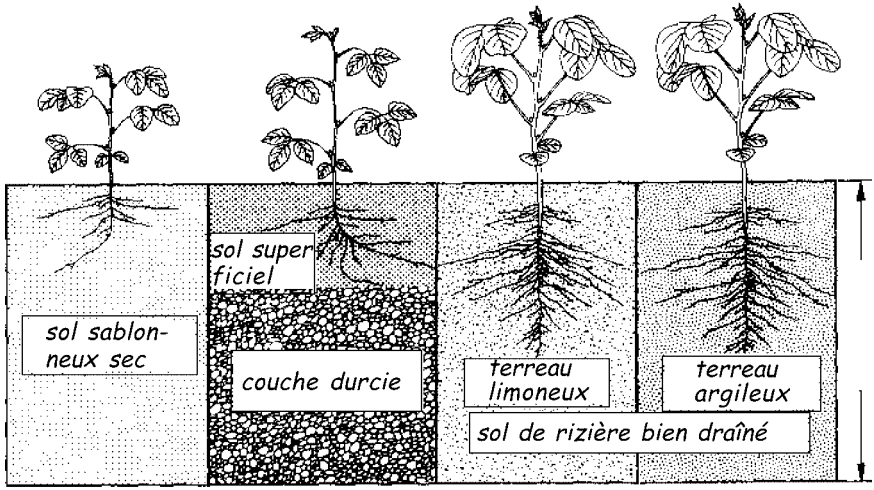
Les légumineuses poussent sur des sols très différents. Certaines peuvent même se développer sur des sols très acides (pH allant jusqu'à 3.8). L'arachide et les pois bambara (Vigna subterranea) poussent sur des sols sablonneux pauvres, des sols limoneux et même sur des sols argileux comme les vertisols. Ce dernier type de sol pose un gros problème pour la récolte des gousses souterraines. Les pois bambara poussent mal sur les sols calcaires, à l'inverse de l'arachide. Un bon drainage est important, surtout pour les sortes Vigna- et Phaseolus. Profondément enraciné dans le sol, le lablab (Lablab purpureus) supporte mieux un mauvais drainage que les autres sortes. Les sols salins acceptent difficilement le lablab.

En général, les plantes de la famille des légumineuses supportent mal les sols salins, à l'exception de quelques sortes qui arrivent à pousser comme les pois cajan (Cajanus cajan) et les pois (Pisum sativum).

Le soja croît le mieux sur des sols dont la texture n'est pas trop légère (sols très sablonneux) ni trop lourde (sols argileux). Il germe difficilement sur les sols très lourds mais pousse mieux ensuite.



a : Lorsque le sol a le bon degré d'acidité, la plante et les tubercules se développent bien (Pour les exigences des différentes légumineuses en la matière, voir le tableau à l'annexe 1)



b : Exemples de sols et impact de leurs diverses caractéristiques sur la croissance du soja.

Figure 5 : Le sol et la croissance des légumineuses.

Bien labourés, ces sols sont à préférer aux sols légers sur lesquels la productivité est incertaine. Le soja apprécie également les sols ayant un grande teneur en matière organique mais supporte moins bien les sols basiques et acides. Un pH entre 5.8 et 7.8 est souhaitable. Les sols salins ne sont pas adaptés pour le soja.

Améliorer la fertilité du sol

Il semble que, pour les races très productives, la plus grande partie de l'azote fixé disparaisse avec la récolte et que le sol reçoive finalement très peu d'azote supplémentaire. Le rôle principal des légumineuses dans le système agricole réside dans la production de graines. L'apport d'azote par les légumineuses à d'autres plantes semble peu important pendant le cycle de croissance. Ce n'est que lorsque la plante est retournée dans le sol et en grande partie digérée que l'azote commencera à se diffuser sous terre et pourra être capté par une autre plante. On connaît des exemples en Bolivie où la productivité des cultures de maïs et blé pratiquées sur des terrains auparavant cultivés en soja augmente de 22%. La productivité du maïs cultivé après des légumineuses servant d'engrais vert est nettement supérieure à celle du maïs cultivé sur un champ laissé quelque temps en jachère. Lorsque le soja est planté pour servir d'engrais vert et entièrement retourné dans la terre, le sol peut bénéficier de 22 kg N/ha pour sa fertilisation. Le soja aide aussi à améliorer la structure du sol car ses résidus fournissent de la matière organique.

Lorsque le soja est planté en association, il faut veiller à ce que l'azote apporté sous forme d'engrais chimique aux plantes non légumineuses n'arrive pas aux racines du soja. En effet le soja ne fixera peu ou pas l'azote tant qu'il y aura des traces d'azote apporté sous forme d'engrais chimique dans le sol.

Lorsque les résidus de soja, riches en azote, sont bien mélangés à ceux des non-légumineuses, le mélange se décomposera plus rapidement que si les différents résidus sont retournés dans la terre séparément.

4 Intégration dans les systèmes agricoles en place

Il est important pour les paysans et les conseillers agricoles qui n'ont pas encore d'expérience en matière de légumineuses d'avoir la réponse aux questions suivantes :

- Quelle est la saison la plus propice à la culture des légumineuses ?
- Quelles plantes peut-on cultiver avant ou après la culture des différentes légumineuses ?
- Ou vaut-il mieux les cultiver en même temps ?

Ils doivent également tenir compte du système agricole déjà en place et savoir comment y intégrer la culture des légumineuses.

Le système agricole et le système cultural

Le système agricole correspond à l'ensemble des activités agricoles conduites dans l'exploitation, de la culture des plantes à, par exemple, l'élevage ou la plantation d'arbres.

Le système cultural correspond à l'ensemble des plantes qui sont cultivées dans un champ, qu'elles le soient en monoculture ou en polyculture. Lorsque l'on cultive plusieurs plantes dans un même champ, on peut le faire en mélangeant les plantes (culture mixte) ou en ensemençant des rangées (une ou plusieurs) de plantes alternativement (culture intercalaire)On peut aussi ensemencer une plante plus tardivement qu'une autre poussant depuis un certain temps dans le champ (culture en relais).

L'annexe 1 contient une liste des légumineuses avec leurs besoins concernant le climat, l'humidité, la température et la composition du sol. Le tableau s'y rapportant permet d'effectuer un premier choix parmi les nombreuses possibilités existantes en matière de légumineuses à cultiver.

Ce chapitre s'intéresse principalement au soja mais cela n'est pas gênant car la plupart des autres légumineuses ont un comportement semblable. A quelques exceptions près, la plupart des légumineuses sont très sensibles à la durée du jour. Ce sont soit des plantes de jours courts soit de jours longs. Le soja est une plante de jours courts, c'est-à-dire qu'elle commence à fleurir quand elle reçoit peu d'heures de lumière par jour, le nombre d'heures variant suivant la variété de 12 à 14 heures. C'est pourquoi les exemples présentés dans cet Agrodok indiquent à quelle latitude se trouve la région dont on parle. Une basse latitude correspond à une durée du jour constante et des nuits chaudes tout au long de l'année alors qu'une latitude élevée implique des journées courtes et des nuits froides en hiver et en été, des jours plus longs et des températures plus élevées aussi bien la nuit que le jour.

En Afrique, en Asie et, dans une moindre mesure, en Amérique latine, la plupart des plantes sont cultivées manuellement, ce qui augmente les possibilités d'intégrer les légumineuses dans le système agricole. Elles peuvent être plantées en monoculture ou en culture intercalaire avec du riz poussant à sec ou du maïs, ou encore en culture de relais juste avant ou après une culture principale nécessitant de l'eau. Cette dernière méthode est pratiquée avec succès en Taiwan pour ce qui concerne le soja. De bons résultats ont également été obtenus avec l'introduction d'arachides, soja et mung dans les systèmes pluviaux au nord de la Thaïlande.

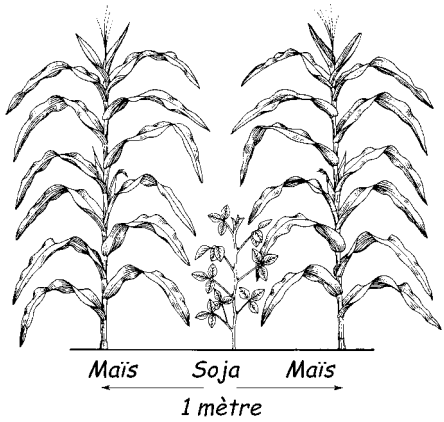
4.1 Intégration à l'élevage

Voici deux possibilités d'intégration à l'élevage :

- Lorsque les graines sont récoltées, les résidus sont donnés au bétail (vaches, buffles) dans le village. Le fumier produit par ce bétail est répandu dans les champs et contribue ainsi, avec les résidus restés sur place, à augmenter le taux d'azote du sol.

- La seconde possibilité consiste à laisser paître le bétail sur une culture associée de soja ou une autre légumineuse avec une plante céréalière et de laisser les animaux consommer par exemple la moitié des légumineuses. Le bétail consommera en premier lieu les lé-

gumineuses, riches en protéines, sans toucher aux céréales. Celles-ci bénéficient ainsi d'azote supplémentaire car les bêtes rejettent l'azote du soja dans l'urine et les excréments. Cet azote, surtout celui contenu dans l'urine, profitera immédiatement à la plante céréalière.



a : Exemple de culture intercalaire de maïs et de soja.

b : Exemple de culture de plusieurs plantes, dont des légumineuses, sur un même champ.

Figure 6 : Culture intercalaire et culture mixte.

Il semble que la seconde méthode conduit à un apport d'azote plus important mais on peut évidemment se demander si les paysans accepteront de voir les légumineuses convenant à l'alimentation humaine être mangées par le bétail. Reste à savoir quelle importance les paysans attribueront à l'amélioration de la fertilité du sol. Si un cultivateur a l'habitude d'utiliser le fumier, il peut alors faire une analyse avantages-coûts du mode d'engrais le plus rentable pour lui.

4.2 Systèmes culturaux mixtes/en rotation en Asie

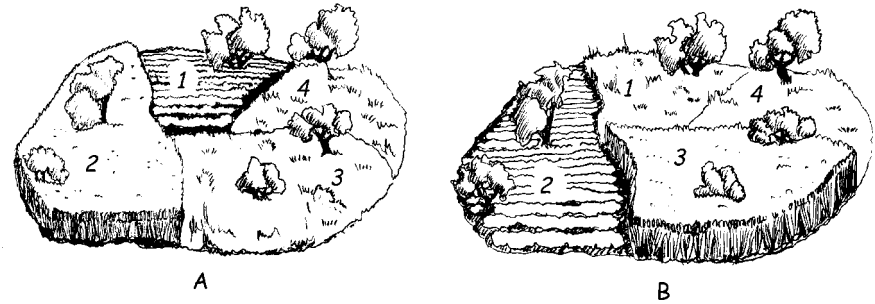


Figure 7 : Exemple d'une culture de rotation : les champs 1 et 2 sont cultivés au cours de la première année ; l'année suivante, toutes les cultures sont déplacées d'un champ : et ce sont les champs 2 et 3 qui sont maintenant cultivés.

En Asie, on cultive principalement le soja et c'est pourquoi les exemples donnés ci-dessous concernent uniquement cette plante. Le soja est généralement semé pendant la période sèche après du riz, du blé ou du maïs, lorsque le sol est encore suffisamment humide ou s'il est possible d'irriguer. Le soja est également semé en culture intercalaire en alternance avec le maïs ou le sorgho. En Indonésie (à une latitude de 6° N par exemple), un tel procédé permet d'obtenir 700 kg/ha de soja. Le soja est semé juste à la fin de la période des pluies en février/mars ou juste après, en avril. Si l'on veut surtout profiter de la saison des pluies, on plante en juillet/août, juste avant les pluies de sorte que la

semence soit prête pour profiter des premières eaux pluviales en septembre. En fonction de la date des semis, la récolte se fait à la fin de la saison des pluies entre décembre et avril ou à la saison sèche, fin juin. Il se passe 5 mois entre le semis de soja et sa récolte. Si l'on sème à la période sèche, la croissance de la plante commencera avec les pluies et la récolte pourra se faire 1 ou 2 mois plus tard.

En Thaïlande, à une latitude de 15° N par exemple, on obtient une production de 1200 kg/ ha. Le soja y est généralement semé en période de pluie, d'avril à juillet ; dans les systèmes irrigués, on sème au début de la période sèche en décembre. A Taiwan, à 23° N, un système comparable permet d'obtenir une production de 1500 kg/ ha. La période sèche tombe ici de novembre à mai et la période de pluies de mai à octobre.

4.3 Systèmes mixtes/de rotation des cultures en Afrique

En Ouganda par exemple, les légumineuses sont cultivées suivant dans différents procédés d'assolement. Le tableau 3 présente ces procédés pour un certain nombre de légumineuses.

Prenons l'exemple des arachides : les arachides sont aussi bien cultivés en monoculture qu'en culture intercalaire, avec du maïs ou du coton. Ce sont les premières ou deuxièmes cultures après la période de jachère. L'espacement recommandé entre les rangs d'arachides semés seuls est de 40 à 60 cm et de 15 cm entre les plantes d'une même ligne si l'on travaille la terre au moyen de la traction animale. Si on travaille la terre avec des outils manuels, il est conseillé d'écarter les semences de 30 cm entre elles, de tous les côtés.

Dans cet exemple, les légumineuses ne sont pas cultivées en buttes et ne bénéficient pas d'irrigation. Prenons l'exemple des arachides : les arachides sont aussi bien cultivés en monoculture qu'en culture intercalaire, avec du maïs ou du coton. Ce sont les premières ou deuxièmes cultures après la période de jachère. L'espacement recommandé entre

les rangs d'arachides semés seuls est de 40 à 60 cm et de 15 cm entre les plantes d'une même ligne si l'on travaille la terre au moyen de la traction animale. Si on travaille la terre avec des outils manuels, il est conseillé d'écarter les semences de 30 cm entre elles, de tous les côtés.

Tableau 3 : Système cultural en Ouganda (Source : Stanton W.R., 1966 : 61).

	Monoculture ou culture intercalaire	**Culture intercalaire avec position dans la rotation**		**Monoculture ; Espacement recommandé (cm)**
Arachides	Les deux	maïs/coton	1er ou 2ème année de mise en culture	60-40 x 15 avec traction animale ou 30 x 30 si culture à la main
Haricots communs	Généralement en culture intercalaire	maïs/coton/sorgho/café, bananes et cassaves	1ère, 2ème ou 3ème année	60 x 15 (en double rangs)
Doliques	Généralement en monoculture	2ème or 3ème année	50 x 40	
Pois cajan	Culture intercalaire	Eleusine coracan : petit mil	2ème année	
Pois potagers	Les deux	Haricots rouges/maïs	1ère ou 2ème année	

4.4 Travail nécessaire à la production de légumineuses

Le tableau 4 donne une idée des heures de travail investies pour cultiver 1 ha de soja (en monoculture).

L'ensemencement manuel du soja demande beaucoup d'heures de travail car le semis doit être très dense pour obtenir une productivité élevée. Les plantes de soja doivent en effet complètement recouvrir le sol pour empêcher les mauvaises herbes de pousser.

Tableau 4 : Heures de travail investies pour cultiver 1 ha de soja en monoculture.

Labourage mécanisé		84
Semis :	à la main	100
	mécanisé	8
1er désherbage :	à la main	100
	mécanisé	8
2ème désherbage :	à la main	80
	mécanisé	8
récolte à la main		90
transport vers lieu stockage		40
battage		150
vannage		60
total à la main		724
total incl. désherbage mécanisé		364

La plupart des autres légumineuses ont des ramifications plus étendues, ce qui permet et oblige d'avoir un semis moins dense. L'ensemencement coûtera donc moins de temps. Les autres données chiffrées présentées dans le tableau donnent une idée correcte du travail nécessaire à leur production, à l'exception des heures nécessaires à la récolte dont la durée variera selon les légumineuses en fonction de leur mode de croissance et de la grosseur des gousses à récolter. Certaines (variétés de) légumineuses mûrissent d'un seul coup. Ceci oblige à mobiliser rapidement beaucoup de main d'œuvre pour éviter de perdre beaucoup de graines. D'autres légumineuses au contraire mûrissent progressivement et demandent à être suivies régulièrement pour récolter les graines mûres. Là où la récolte se fait mécaniquement, on préfère souvent une plante qui peut être récoltée en une seule fois alors que dans les entreprises familiales où l'on travaille à la main, il peut être plus intéressant de répartir le travail sur une plus longue période. Certaines légumineuses ont des maturations différentes en fonction des variétés et il peut être utile d'en tenir compte lorsque l'on fait son choix.

5 La culture du soja

Ce chapitre aborde les détails pratiques de la culture elle-même. Il est tout particulièrement important pour ceux qui, après avoir bien étudié tous les éléments présentés dans le chapitre 3, ont décidé de se lancer dans la culture du soja.

5.1 Stockage du soja et sélection des bonnes graines

Les graines de soja sont riches en protéines, ce qui attire beaucoup les insectes et fait qu'elles pourrissent vite, surtout en cas de forte humidité atmosphérique. Elles sont donc très fragiles, quelle que soit l'utilisation qu'on en fait, pour les vendre, les ou consommer soi-même ou que pour la semence que l'on veut pour les utiliser la saison suivante pour la semence.

Un groupe de femmes au nord du Ghana ont fait une recherche expérimentale sur l'efficacité des méthodes de stockage locales. Elles ont essayé une méthode de stockage pour les différentes sortes de graines cultivées localement. Pour leurs observations, les femmes ont principalement fait attention à la couleur et au goût des graines ainsi qu'aux traces laissées par les insectes (trous). Il s'est avéré que le stockage dans la cendre était la meilleure méthode de conservation. Le stockage dans la cendre de neem et le traitement dans une solution de neem se sont également avérés être de bonnes méthodes de conservation.

Si l'on peut disposer de sacs en plastique qui se ferment hermétiquement, il est possible de conserver les fèves de soja (et avant tout, la semence) dans ces sacs que l'on ferme hermétiquement. On peut alors les conserver aussi bien pour la consommation que pour la semence. Si l'on manque de sacs en plastique, on peut envisager de ne les utiliser que pour la conservation hermétique de la semence. La fève doit être suffisamment sèche (contenir moins de 11% d'eau) pour être conditionnée dans des sacs en plastique fermés hermétiquement.

- Des essais effectués au Sénégal et au Cameroun ont montré que l'on peut ainsi garder 70% du pouvoir germinatif original pendant 9 mois.
- En Guyane, la graine ne se conserve pas plus de 6 mois.
- Dans ces trois pays, si elle est stockée dans des locaux frigorifiques, la graine peut conserver 90% de son pouvoir germinatif pendant 9 mois.
- Sur les hauts plateaux de Madagascar, il n'est pas nécessaire de conserver les graines dans des lieux frigorifiques car les températures sont basses. Les sacs plastique ne sont pas non plus utiles pour bien conserver les graines.

Il est en général souhaitable de stocker les graines dans des locaux frigorifiques si l'on veut conserver 90% du pouvoir germinatif.

Le choix fait entre produire soi-même la semence ou l'acheter à chaque saison dépend de la présence ou non d'un réseau de distribution et du prix demandé pour cette semence.

Si l'on utilise sa propre semence, il est important de choisir des graines provenant de plantes qui soient elles-mêmes intactes et saines. Les plantes possédant beaucoup de gousses saines peuvent être marquées au moyen d'une ficelle de couleur vive par exemple, de sorte qu'on puisse les mettre de côté après la récolte.

Figure 8 : Exemple d'une plante de soja saine portant de nombreuses fèves

Il existe dans les pays produisant du soja depuis longtemps, comme en Bolivie, des graines certifiées qui doivent être correctement étiquetées. Les étiquettes doivent

fournissent les informations suivantes : pourcentage de germination, pureté de la graine, variété et garantie que la graine n'est pas malade.

5.2 Traitement de la graine pour améliorer la fixation d'azote

Comme nous l'avons déjà dit, le soja fait partie de la famille des légumineuses. Ces plantes ont la particularité de pouvoir absorber l'azote de l'air et de l'utiliser pour leur croissance.

Figure 9 : Plante de soja avec tubercules

Les légumineuses fixent l'azote dans leurs tubercules (nodules) qui se développent avec l'aide d'une bactérie spécifique (le rhizobium) et constituent de véritables petites fabriques d'azote. La racine abrite et nourrit la bactérie qui produit en échange de l'azote pour la plante.

Les rhizobia sont des bactéries qui permettent aux radicelles de former des nodosités pour stocker l'azote. Les rhizobia se trouvent dans le sol mais ne causent pas toujours la formation de nodosités. Cela peut s'expliquer par le fait qu'il n'y a pas assez de bactéries ou parce que la sorte de rhizobium présente dans le sol ne s'associe pas bien avec la plante de soja.

Il existe plusieurs sortes de légumineuses et plusieurs sortes de rhizobia. Pour que l'association soit efficace, il faut que le bon rhizobium soit combiné à la bonne légumineuse. Pour le soja, il s'agit du Rhizobium japonicum ou Bradyrhizobium japonicum. Ce dernier donne de bons résultats en Bolivie (dans ce pays, on trouve notamment les marques spécifiques : USDA 136 et E 109).

La quantité d'azote que la plante peut fixer dépend de la variété, de la productivité de la bactérie, du sol et des conditions climatiques. Pour le soja, (Glycine max), on estime cette quantité à 168 kg N/ ha / année.

Activité des tubercules

On peut voir à la couleur des tubercules si les nodules fixent activement l'azote. Les tubercules actives sont roses de l'intérieur, ce qu'on peut facilement voir en les coupant en deux. Le meilleur moment pour le faire est pendant la floraison de la plante.

Les tubercules qui restent blanches ou vert pâle à l'intérieur pendant tout le cycle de croissance du soja ne sont pas actifs. Lorsque le soja reçoit de l'azote par l'intermédiaire d'un engrais chimique, les tubercules restent petits et blancs. En revanche, si l'azote est assimilé par la plante, les tubercules grossissent et deviennent actifs. C'est pourquoi il peut quand même être utile de donner de l'azote au soja planté sur des sols très pauvres.

Traitement du soja par le rhizobium

S'il apparaît que le soja ne forme pas de tubercules actives sans apport de rhizobium, la graine doit alors être traitée dans le sol ou inoculée. (Une description de ce processus et des informations à donner sur ce sujet est fournie dans l'annexe 3.)

Si l'on veut savoir si le traitement des graines de soja avec le rhizobium a été efficace, on peut déjà observer le développement des tubercules 4 à 5 semaines après l'ensemencement. On peut également regarder les gousses naissantes pour voir comment les différentes sortes de rhizobia contribuent à la formation des gousses. Le mieux est de contrôler les tubercules à chacune de ces trois phases.

5.3 Densité de semis et méthodes d'ensemencement

La densité de plantation des plantes détermine largement quelle sera l'ampleur de la récolte. Plusieurs éléments interviennent ici : la production par plante, la production de tout le champ relative au nombre

de plantes dans le champ. Les plantes qui sont assez espacées les unes des autres pousseront différemment de celles qui se touchent. Les plantes plus espacées grandiront moins, verseront moins et se ramifieront plus. Les gousses seront plus nombreuses et plus lourdes, ce qui améliorera le rendement de la plante. Si on laisse trop d'espace entre les plantes, les mauvaises herbes en profiteront pour y pousser et étant donné qu'il y aura moins de plantes dans le champ, la récolte sera aussi moins abondante.

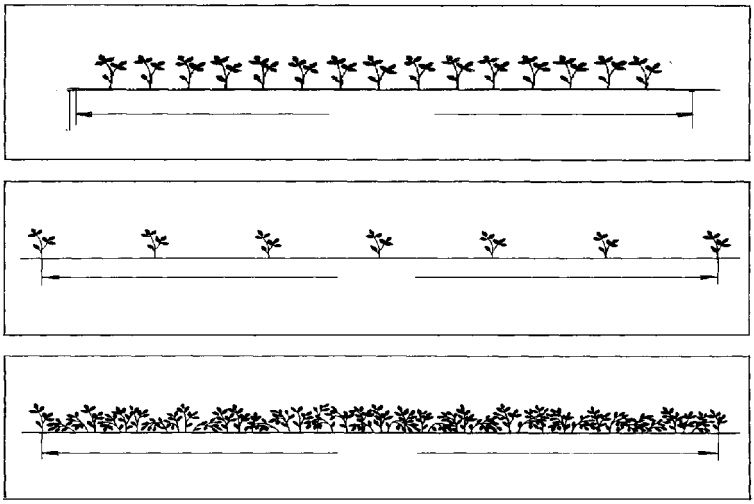


Figure 10 : Situation optimale : 15 à 18 plantes par mètre dans un rang. Densité clairement trop faible : 6 à 8 plantes par mètre dans un rang. Densité trop élevée : 20 à 30 plantes par mètre dans un rang. Une distance de 30 à 60 cm est respectée entre les rangs.

C'est pourquoi il vaut mieux chercher à obtenir une densité de plantation optimale. Cette densité optimale peut varier pour une même parcelle suivant la saison à laquelle est plantée le soja et doit surtout être revue en fonction de la saison dans les régions où la durée du jour varie au cours de l'année.

On peut illustrer cela avec un exemple pris en Bolivie où la culture du soja est mécanisée. Les services informatifs donnent des avis précis

concernant la machine à semer : distance entre les semis, profondeur et qualité des semis. Dans ce pays, on observe une distance entre les rangs de 40 à 60 cm avec un espace entre les plantes de 5 à 7 cm. L'hiver, la distance entre les rangs est de 20 à 30 cm et l'espace entre les plantes reste de 5 à 7 cm.

L'été, la densité de plantation est de dépasse les 250.000 – 300.000 plantes/ ha et en hiver les de 500.000 – 600.000/ ha. Cette différence s'explique par la durée du jour qui est moins favorable en hiver. Le grand nombre de plantes compense le fait que les plantes donnent moins de gousses.

La densité de plantation est généralement plus élevée en Asie qu'en Afrique : en Asie, on plante 55 à 65 kg/ha alors qu'en Afrique, on plante 22 à 34 kg/ha. Ces chiffres correspondent à des graines de bonne qualité. Lorsque l'on doute du pouvoir germinatif de la graine, mieux vaut alors semer plus.

En Afrique et en Asie où la culture se fait manuellement, le soja est souvent semé tout de suite après la plante précédente, le riz par exemple (en Asie).

Quand la culture est mécanisée (comme en Bolivie, au Nigeria et à Cuba), les plantes doivent être semées en rangs, comme le riz. Il est conseillé de ne pas dépasser les 6-7 km/heure avec le tracteur lorsqu'on ensemence en raison de la densité du semis : si on roule trop vite, on obtient une trop faible densité.

5.4 Période d'ensemencement

Pour définir la période à laquelle on doit semer, il convient de tenir compte des facteurs climatiques énumérés précédemment :

- la température à laquelle la graine germe,
- la période de disponibilité en eau
- la période pendant laquelle la durée du jour sera la bonne pour la floraison.

Les pays où on cultive le soja disposent de services d'informations qui peuvent donner des conseils. En général, l'ensemencement se fait au début de la saison des pluies. Dans les pays ayant plusieurs saisons des pluies, il est possible d'avoir plusieurs récoltes dans l'année.

Le tableau 5 montre clairement combien, en Afrique, la période à laquelle le soja est semée détermine la récolte.

Tableau 5 : Dates de semis et récoltes obtenues (Source : Oram & Abderrezak, 1990).

Sénégal Sefa Casamance 1978		**Cameroun Foumbout 1979**		**Togo Atalote 1981**		**Ethiopië Awassa 1979**		**Madagascar Centre-Ouest 1981**	
date semis	récolte (kg/ha)	date semis	récolte (kg/ha)	date semis	récolte (kg/ha)	date semis	récolte (kg/ha)	date semis	récolte (kg/ha)
1-juil	3.469	15-juin	2.680	17-juin	2.235	13-juin	2.300	5-nov.	0.816
7-juil	2.030	1-juil	2.215	1-juil	2.522	4 juil	2.550	11-nov.	1.108
17-juil	1.544	15-juil	1.700	15-juil	2.091	20-juil	1.340	25-nov.	1.030
26-juil	770	-	-	3-août	1.194	-	-	4-déc.	0.379

Pour finir, prenons un exemple en Côte d'Ivoire. Dans ce pays, la culture du soja est une nouveauté. La première année de culture du soja date de 1998. La courte période de pluie entre mi-septembre et novembre a permis d'obtenir de bons résultats : 1 tonne par hectare. Mais lors de la longue période de pluie de mars à juin, la récolte a été maigre du fait que les plantes de soja ont souffert des trop nombreux insectes. Les paysans ont donc décidé de profiter de la courte période de pluie pour cultiver le soja.

5.5 Culture sur des sols non labourés

Il existe aussi des systèmes dans lesquels les légumineuses sont semées sur des sols non labourés. On utilise alors un plantoir ou une machette pour faire des trous dans le sol ou dans les mottes de la culture précédente puis on met les graines dans les trous formés. Le soja peut ainsi être semé après le riz. A Taiwan, on cultive dans le même champ deux fois du riz et une fois du soja. La production de

soja varie de 1,5 à 2 tonnes /ha alors que la plante met 85 à 100 jours pour mûrir.

5.6 Désherbage

Le désherbage est très important pour le soja, surtout entre le 15ème et 35ème jour après l'ensemencement. Si le désherbage est fait après cette période, la récolte sera inévitablement moins bonne. Mieux vaut qu'il n'y ait pas du tout d'herbe autour de la plante dès l'ensemencement jusqu'à la récolte car les herbes et la plante se disputent la lumière, les substances nutritives et l'eau. Les herbes constituent qui plus est un refuge pour les insectes qui attaquent la plante ou qui lui communiquent des maladies. La densité de plantes au mètre carré est par ailleurs si élevé que les plantes évoluent dans un milieu relativement humide propice à l'attaque de la récolte par les moisissures. Qui plus est, lorsque la culture est mécanisée, beaucoup de grains seront perdus pendant la récolte car les moissonneuses ont plus de mal à faire leur travail.

La solution la meilleure pour éviter que les mauvaises herbes ne poussent est de faire en sorte que la plante se développe le mieux possible et puisse ainsi concurrencer les mauvaises herbes. Les mesures à prendre sont les suivantes :

- pratiquer la rotation des cultures, ce qui signifie qu'on ne doit pas cultiver des plantes de la même famille pendant plusieurs saisons successives sur la même parcelle de terre ;
- constituer un tapis végétal ;
- bien labourer la terre avant l'ensemencement ;
- semer au bon moment ; et
- respecter les consignes de densité requise.

Une autre alternative est de désherber avec des machines. Deux ou trois passages sont souvent suffisants, le premier passage devant se faire 15 jours après la germination de la plante et le dernier 45 jours après, c'est-à-dire juste avant la floraison. En effet, si les machines passaient après la floraison, elles rouleraient sur les fleurs des plantes

et on récolterait moins. Lorsque l'on doit désherber à la main, comme c'est le cas au Sénégal, le mieux est de le faire à 5 reprises différentes pendant les 6 premières semaines.

Le tableau 6 a été établi à partir d'expériences faites au Sénégal et rend bien compte de l'intérêt du désherbage.

Tableau 6 : L'effet d'un bon désherbage sur la récolte (Source : Oram & Abderrezak, 1990).

Méthode de désherbage	Production en kg/ha
La bonne méthode : 5 désherbages	2635
2 désherbages (après 3 et 5 semaines)	1765
Un seul désherbage (après 3 semaines)	1185
Aucun désherbage	421

5.7 Plaies

Les insectes

Les insectes causant des dommages aux récoltes sont de différents types. Quoique ces dommages puissent causer une perte de production, il n'est pas conseillé d'utiliser des insecticides à titre préventif : ceux-ci font monter inutilement le prix de la culture du soja tout en faisant disparaître les ennemis des insectes nuisibles.

Le traitement n'a de sens que si les dommages dus aux pertes de récolte sont plus importants que le coût des produits utilisés contre les insectes. Pour faire ce calcul, il faut inspecter régulièrement la plante pour voir si les insectes l'ont endommagée. Une bonne méthode consiste à disposer un tissu de 100 cm x 70 cm entre les rangs et de secouer énergiquement les plantes de chaque côté pour faire tomber les insectes.

En Bolivie, on respecte les règles suivantes :

- Pour les vers qui rongent la feuille, il est recommandé de commencer à traiter lorsque l'on récupère plus de 30 à 40 vers sur le tissu ou lorsque plus de 35% des feuilles de la plante ont été rongées.

- Pour les insectes qui perforent les feuilles, il faut commencer le traitement lorsque l'on a plus de 2 insectes adultes par mètre.
- Pour les vers rongeant les tiges, il faut traiter quand 20 à 25 % de la plante est touchée.

Les anguillules (nématodes)
Les anguillules (nématodes) attaquent les racines des plantes. On peut voir qu'ils sont actifs si les feuilles jaunissent, si la plante pousse mal alors que le sol est fertile ou si elle flétrit alors que le terrain est suffisamment humide. On peut maîtriser la population des anguillules en utilisant des variétés de plantes résistantes et en pratiquant la rotation des cultures.

5.8 Maladies

La plupart des maladies arrivent par la semence. Il est donc essentiel de recourir à des graines saines, qui ne portent pas d'agents pathogènes ou de traiter la graine chimiquement pour éviter les pertes ou les limiter au minimum.

5.9 Récolte

Les récoltes doivent être faites au bon moment. Lorsque la plante est cultivée manuellement, la bonne méthode est de couper la plante dès qu'on constate un début de jaunissement de la feuille puis de la faire sécher à un endroit où les graines qui se détachent peuvent facilement être rassemblées. Quand les plantes sont complètement desséchées, on peut procéder au battage de la récolte. Lorsque les graines sont à des stades de maturité très différents, il faut procéder au ramassage de celles qui sont mûres et laisser les autres mûrir. Cela peut être souhaitable dans les systèmes de culture où la main d'œuvre est difficile à trouver en période de récolte. Les activités peuvent ainsi être étendues sur une plus longue période.

Si la récolte se fait mécaniquement, il convient de faire attention aux dégâts que peut causer la machine. Les fèves qui sont abîmées se

conservent moins longtemps, rapportent moins à la vente sur le marché et sont moins intéressantes en tant que semence. La période pendant laquelle on peut récolter ne dure pas très longtemps. La plante est bonne à être récoltée lorsque les fleurs jaunissent et tombent, lorsque les tiges se brisent et lorsqu'on peut ouvrir les gousses en appuyant dessus avec les doigts. Lorsque le pourcentage d'humidité des graines est inférieur à 12%, les gousses s'ouvrent facilement et les fèves tombent sur le sol. On peut ainsi perdre une grosse partie de la récolte (en Argentine, les pourcentages de perte atteignent souvent les 8 à 12% pour les récoltes mécanisées). Ces pourcentages sont moins élevés lorsqu'on récolte le matin de bonne heure ou en fin de journée car les gousses sont alors plus humides.

Pour le soja destiné à l'industrie, le pourcentage d'humidité optimal pendant la récolte est de 13 à 15 %. Il est de 13% pour les semences.

5.10 Production de soja sur une grande échelle en Amérique du Sud : remarques

L'Amérique du Sud exportera d'ici peu de la pulpe de soja, de l'huile de soja et des graines de soja, ce qui représentera, d'après les estimations, une augmentation considérable de la superficie de production. Il faut ici faire remarquer que, pour ce qui est de la Bolivie, la plus grosse partie des revenus économiques réalisés avec le soja fuie à l'étranger et retourne aux fabricants de machines agricoles, de carburants et de pesticides. La culture du soja a qui plus est un coût écologique élevé en Bolivie : des milliers d'hectares de forêt ont été dévastés, la biomasse organique a été consumée, les substances nutritives gagnées par les récoltes partent à l'exportation et les sols sont physiquement dégradés. Le développement et l'application de technologies adaptées s'avèrent nécessaire si l'on veut obtenir une production durable.

6 Le soja : une alimentation riche

Avant de passer à la culture du soja, il est important que les paysans connaissent les qualités de cette plante. Les premiers chapitres ont traité de la culture du soja et des autres légumineuses. Or, nous avons déjà vu que le soja est également un aliment très riche offrant diverses possibilités. Il peut venir enrichir la nourriture de régimes alimentaires souvent trop peu variés. et peut représenter une nouvelle source de revenus. Ce chapitre traite des fonctions que peut remplir le soja en tant que produit alimentaire. Vous y trouverez aussi des conseils pratiques pour vous aider à utiliser le soja, à le transformer et à le cuisiner.

6.1 Qu'est-ce qu'une bonne alimentation ?

Nous avons besoin de nous alimenter pour rester en bonne santé. La nourriture apporte à notre corps :

- l'énergie pour pouvoir travailler ou aller à l'école
- des matériaux pour pouvoir grandir ou soigner nos plaies et
- des agents protecteurs pour ne pas être malade ou pour guérir plus vite.

Une bonne alimentation peut subvenir à tous ces besoins. Un manque de nourriture peut conduire à la malnutrition et consécutivement à des problèmes de santé. On peut cependant être mal nourri tout en mangeant suffisamment lorsque l'alimentation consommée ne subvient pas à tous les besoins du corps, besoins qui correspondent en fait à des substances nutritives. Il est donc important de savoir quelles sont les substances nutritives dont nous avons besoin et dans quels aliments elles se trouvent. Une bonne alimentation contient des glucides, des lipides, des protéines, des vitamines et des minéraux.

Les glucides ou hydrates de carbone

Les hydrates de carboneglucides fournissent principalement de l'énergie et fonctionnent donc comme un combustible. Il existe également des hydrates de carbone non assimilables qui stimulent les intestins et facilitent le transit intestinal.

Les produits riches en hydrates de carboneglucides sont : les céréales (par exemple le riz, le millet, le sorgho, le blé), le pain, les pommes de terre et les fruits.

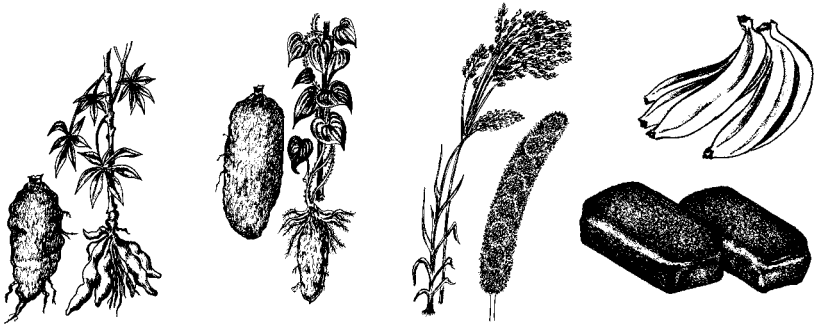


Figure 11 : Exemples de produits riches en hydrates de carbone.

Les lipides ou graisses

Les graisses, ou lipides, sont la source d'énergie la plus importante. Elles contiennent en plus des vitamines liposolubles A, D, E et K.

Beaucoup d'aliments contiennent des graisses mais les plus importants sont l'huile, les noix et les produits animaux comme la viande, le poisson et le lait.

Figure 12 : Exemples de produits riches en graisses.

Les protéines

Les protéines sont les matériaux les plus importants du corps. Ils sont indispensables à la croissance de l'enfant et renouvellent les cellules

du corps de l'adulte. Si l'alimentation contient trop peu de glucides et de lipides, les protéines peuvent alors fonctionner comme source énergétique. Mais cela crée souvent une pénurie de protéines dans le corps qui se transforme très rapidement en une carence protéique chez les enfants.

Les produits riches en protéines sont : la viande, le poisson, les œufs, les légumes secs et les noix.

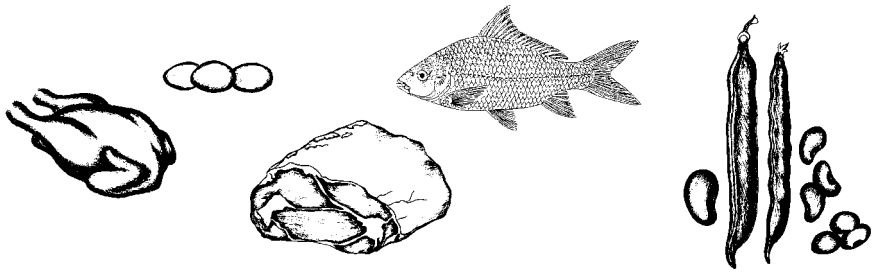


Figure 13 : Exemples de produits riches en protéines.

Les vitamines

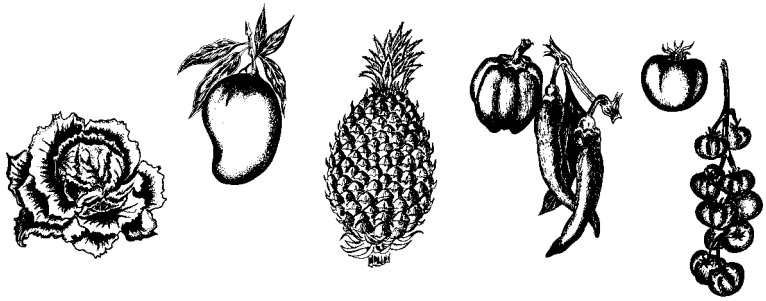


Figure 14 : Exemples de produits riches en vitamines.

Les vitamines protègent notre corps contre les maladies. Pratiquement tous les aliments contiennent des vitamines mais ils ne contiennent pas forcément toutes les différentes vitamines dont nous avons besoin.

On trouve la vitamine C par exemple dans les fruits et les légumes, la vitamine B dans les produits animaux et les céréales et la vitamine A dans l'huile et certaines sortes de fruits et légumes.

Les sels minéraux

Les minéraux sont des substances protectrices mais elles remplissent également des fonctions spécifiques dans la construction et la guérison du corps. On compte parmi les sels minéraux connus le fer (nécessaire à la régénération du sang) et le calcium (qui protège et renforce les os) Les produits riches en fer sont notamment la viande, les légumes frais verts et les céréales.

Le calcium se trouve surtout dans les produits laitiers mais aussi dans différentes sortes de légumes.

6.2 Qu'est-ce que la malnutrition ?

Il y a un risque de malnutrition lorsque la nourriture ne contient pas toutes les substances nutritives dont le corps a besoin. La malnutrition est un phénomène qui se retrouve dans tous les pays mais tout particulièrement dans les pays en développement. C'est un problème qui touche surtout les jeunes enfants qui, mal nourris, ils sont freinés dans leur croissance et ne peuvent pas grandir et se développer normalement. Les conséquences se font également sentir plus tard dans leur vie. Mais la malnutrition peut également avoir des conséquences pour les adultes.

Les enfants mal nourris ont souvent des difficultés pour apprendre et sont vite fatigués. Ils sont souvent maigres et, à l'âge adulte, ils sont moins grands que les autres adultes qui n'ont pas souffert de malnutrition dans l'enfance. La plupart du temps, il n'est pas possible de rattraper le retard de croissance et d'apprentissage alors subi.

La malnutrition peut avoir plusieurs origines :

- Le corps absorbe trop peu de nourriture ou les repas sont trop peu nombreux.

- Le corps brûle de l'énergie supplémentaire pour combattre les infections.
- L'alimentation n'est pas équilibrée et comprend trop d'aliments volumineux, riches en eau mais pauvres en substances nutritives (beaucoup de légumes à tubercule et à racine).

Suivant la cause, on peut établir une distinction entre différents phénomènes : une carence énergétique, une carence protéique et une carence en vitamines et minéraux.

Les conséquences varient suivant le type de malnutrition. C'est ainsi qu'un manque en vitamines A peut entraîner une diminution considérable de la vision lorsque l'éclairage est faible (hémalopie) et une carence en fer peut conduire à des problèmes de fatigue et de concentration.

Il arrive souvent que ces diverses formes de malnutrition se conjuguent. Pour éviter la malnutrition, il faut varier la nourriture et choisir des produits qui fournissent à la fois suffisamment d'énergie, de protéines, de vitamines et de minéraux. Le soja est un produit qui répond parfaitement à l'exigence d'une nourriture variée.

Carences protéiques ou kwashiorkor

La carence protéique (encore appelé kwashiorkor) peut apparaître lorsque la nourriture contient trop peu de protéines. C'est souvent le cas lorsque la nourriture est peu variée et consiste principalement en pommes de terre, bananes et autres produits féculents.

La carence en protéines peut avoir des conséquences sur la croissance des enfants dont les os grandissent insuffisamment. Ces enfants peuvent de plus avoir de moins bons résultats scolaires que les enfants bien nourris. La carence protéique chez les sujets plus âgés affaiblit la résistance aux maladies et aux infections et les plaies se referment également moins rapidement.

Les besoins en protéines varient suivant les personnes en fonction du poids corporel et du stade de croissance. Ils sont par ailleurs plus importants quand les protéines consommées sont principalement

d'origine végétale. En effet, les protéines végétales subviennent moins aux besoins du corps que les protéines animales. Les quantités moyennes de protéines par jour conseillées sont montrées dans tableau 7.

Quand les produits riches en protéines comme la viande, le poisson, les œufs et le lait sont rares, on peut difficilement subvenir à ses besoins en protéines. En outre, ces produits sont souvent chers et ne sont pas accessibles aux groupes de la population les plus démunis. Il faut alors chercher des sources protéiques alternatives dans les produits végétaux. Le soja est une nourriture végétale, bon marché et riche en protéines. C'est donc une bonne alternative.

Figure 15 : Un enfant souffrant d'une carence protéique.

Tableau 7 : Quantités de protéines conseillées.

	Quantité moyenne de protéines en gr / jour
Enfants ½([1]) - 5 ans	15-25
Enfants 5 – 12 ans	30-40
Adolescents	50-70
Adultes[2]	40-60

[1] jusqu'à l'âge de 6 mois, seule l'alimentation au sein peut constituer une source de protéines équilibrée

[2] le besoin en protéines est un peu plus élevé chez les femmes enceintes et celles qui allaitent

Carences énergétiques ou marasme

Il y a carence énergétique (également appelée marasme) lorsque l'on mange moins que ce que le corps a besoin. L'énergie est le combustible que nous retirons de notre nourriture. Nous utilisons comme combustible aussi bien les graisses que les hydrates de carbone. Dans des situations extrêmes, notre organisme peut aussi utiliser l'énergie contenue dans les protéines. Lorsque l'on mange moins que ce que l'on devrait parce que la nourriture que l'on doit se procurer est trop chère, on peut souffrir de dénutrition. Les enfants et les adultes souffrant de dénutritions sont très maigres et ont faim. Les jeunes enfants peuvent aussi souffrir de dénutrition si leur alimentation est peu variée et contient beaucoup d'eau. Ils remplissent leur estomac sans pour autant absorber suffisamment de substances nutritives. Or, les enfants ont besoin de plus de repas par jour que les adultes.

Figure 16 : Un enfant souffrant de marasme.

Pour éviter les carences énergétiques, il est important d'adopter un régime alimentaire le plus varié possible, dans la mesure où le budget le permet. Le soja peut être à cet égard une bonne solution car c'est un produit énergétique et bon marché.

6.3 Le soja et autres légumineuses

Le soja fait partie du groupe des légumineuses et est de ce fait une plante très nutritive. Il peut constituer un complément d'alimentation important, non seulement en remplacement des produits riches en protéines indisponibles mais aussi parce qu'il représente un apport sain aux repas quotidiens. Le soja est riche en protéines de bonne qualité mais il est aussi une source d'hydrates de carbone, de graisses, de vi-

tamines et de sels minéraux. Les autres légumineuses, dont divers haricots et cacahuètes, peuvent également fournir un supplément riche à la nourriture quotidienne.

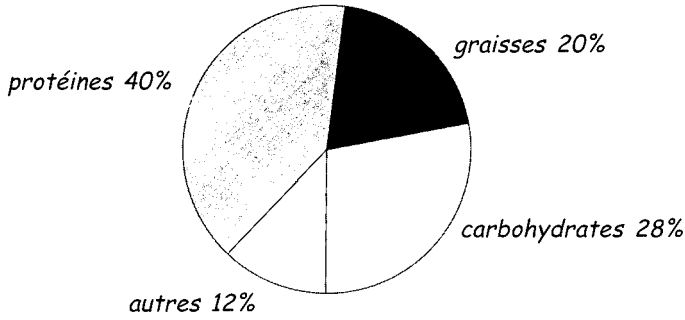


Figure 17 : Camembert de la répartition en pourcentage des substances nutritives contenues dans le soja

Le soja est encore, à l'inverse des autres légumineuses, assez peu connu. Il mérite pourtant qu'on le découvre car il peut contribuer à réduire les carences alimentaires (en protéines).

Le soja est riche en protéines

Tableau 8 : Produits riches en protéines (Source : NEVO, 1996).

Plantes	**Grammes de protéines pour 100 g de produit sec**	**Grammes de protéines pour 100 g de produit cuit/préparé**
Soja	20-40	10-15
Haricots en grain (noirs/rouges/blancs)20	8	
Pois	21	8
Lentilles	21	9
Arachides	---	28
Viande	---	20
Lait	---	3,5
Oeufs	---	13

Comparées aux autres aliments d'origine végétale, les graines de soja constituent la source en protéines la plus équilibrée et la plus riche : on peut avoir 40 grammes de protéines dans 100 grammes de graines de soja (poids sec) ! D'autres légumineuses, comme les haricots et les arachides, apportent elles aussi un excellent complément en protéines à l'alimentation quotidienne (voir tableau 8).

Le soja est riche en graisses lipides

La plupart des gens ont une alimentation principalement composée d'aliments pauvres en graisses (céréales, tubercules, etc.) et riches en féculents. Le soja pourrait être un complément intéressant car c'est aussi une source énergétique mobilisable. Les graines de soja contiennent en effet 20% de matière grasse (huile), ce qui est supérieur à ce que contiennent de plus que la plupart des aliments végétaux (à part le soja, les cacahuètes sont également très riches en graisses avec environ 50 grammes de graisses pour 100 grammes).

Le soja est riche en hydrates de carboneglucides

Les fèves de soja contiennent outre des protéines et des lipides environ 28% de glucides dont la plus grande partie sont des fibres non digestibles, comme c'est le cas pour la plupart des haricots et légumes à grains. Ces fibres fermentent dans le gros intestin à cause de bactéries qui stimulent le travail intestinal et peuvent provoquer des gaz/flatulences désagréables. Les gens qui mangent régulièrement des haricots et légumes à grains n'ont pas à s'en inquiéter. La transformation/préparation de fèves (de soja), avec la fermentation notamment, réduisent les facteurs à l'origine des flatulences.

La partie digestible fournit autant d'énergie à l'organisme que les graisses et sert donc de combustible.

Le soja est riche en vitamines et sels minéraux

Le soja contient différentes vitamines et sels minéraux. Il est surtout riche en vitamines B, mais contient également des vitamines A et E liposolubles. De plus, il est riche en fer et en calcium. C'est donc une bonne alternative aux autres produits, comme la viande, les produits

laitiers et les œufs qui contiennent eux aussi beaucoup de ces vitamines et minéraux mais qui sont parfois chers et difficiles à se procurer.

Le tableau 9 permet de comparer les quantités de vitamines/sels minéraux contenus dans le soja avec les apports alimentaires quotidiens recommandés pour les adultes.

Tableau 9 : Valeur alimentaire du soja comparée aux quantités alimentaires quotidiennes recommandées (Source : NEVO, 1996).

	Apports alimentaires recommandés /jour		**Contenu moyen pour 100 g de fèves sèches de soja**
	Hommes	**Femmes**	
Vitamine A	600 µg RE	500 µg RE	80
Vitamine B1 (thiamine)	1,2 mg	0,9 mg	1,1 mg
Vitamine B2 (riboflavine)	1,8 mg	1,3 mg	0,3 mg
Niacine	19 mg	15 mg	2,1 mg
Vitamine B6	2,0 mg	1,6 mg	1,2* mg
Vitamine B12	1,0 µ	1,0 µ	-
Vitamine C	30 mg	30 mg	0
Vitamine D	5 mcg	5 mcg	0
Vitamine E	10 mg	10 mg	0,14 mg*
Fer	9 mg	15 mg	7 mg
Calcium	400-500 mg	400-500 mg	225 mg

7 Le soja dans l'alimentation quotidienne

Le soja peut donc être un complément important de votre régime alimentaire. Mais comment utilise-t-on le soja dans la cuisine quotidienne ? Ce chapitre aborde dans un premier temps quelques éléments auxquels il faut faire attention quand on apprête le soja. On y présente ensuite les possibilités d'utilisation et de préparation du soja ainsi que d'autres légumineuses.

7.1 Savoir le conserver

Les graines séchées doivent être conservées au frais, au sec et dans l'obscurité et doivent être bien enveloppées. Plus on conserve longtemps les légumineuses, plus leur peau durcit et plus la cuisson devra durer longtemps. Les fèves peuvent germer si elles sont exposées à la lumière, l'humidité et la chaleur et peuvent aussi changer de couleur à la lumière. L'humidité favorise qui plus est la moisissure. C'est tout particulièrement vrai des arachides qui, si on les mange moisies, peuvent causer des maladies graves dues aux microtoxines. Il est aussi indispensable de bien envelopper les graines pour éviter qu'elles soient attaquées par les insectes et les rongeurs.

Bien enveloppées, elles peuvent être conservées pendant environ un an. Les fèves de soja se conservent moins longtemps car elles rancissent rapidement à cause de leur importante teneur en graisses.

7.2 Faire chauffer avant toute chose !

Le soja, ainsi que certains autres légumes à graines, contient des substances qui ne doivent pas être consommées. Ces substances sont présentes dans des proportions variables suivant les légumineuses. C'est pourquoi il faut faire attention lorsqu'on prépare ces aliments.

Le soja et quelques les autres légumineuses renferment des éléments antinutritionnels qui doivent être éliminés. Ces éléments, si on ne les fait pas disparaître, diminuent en effet la valeur nutritive de l'aliment et peuvent être nocifs à la santé.. Il s'agit des inhibiteurs trypsine et hemaglutinines (tous les deux des lectines). Il s'agit en particulier des lectines, comme les inhibiteurs trypsine et hemaglutinines, et les fasines. Les lectines peuvent provoquer l'agglutination des globules rouges du sang et les inhibiteurs trypsines peuvent, qui plus est, s'opposer à la digestion des protéines et perturber la croissance. alors que les lectines peuvent provoquer l'agglutination des globules rouges du sang). La fasine est, une substance nocive contenant des protéines qui peut se trouver dans les légumineuses crus ou insuffisamment chauffés et qui, provoque-t-elle aussi l'agglutination des globules rouges.

On peut aussi trouver aussi dans les fèves de soja crues des éléments goitrogènes. De plus, le soja contient un enzyme qui peut donner un mauvais goût et une drôle de couleur aux graines s'il n'est pas désactivé au bon moment.

Les légumineuses ne contiennent pas toutes ces substances dans les mêmes proportions. Il faut cependant prendre, dans tous les cas, des précautions pour la préparation en faisant chauffer les fèves, tout simplement. On peut néanmoins faire disparaître toutes ces substances en prenant des précautions de préparation simples, en faisant chauffer les fèves par exemple. On a alors un produit de grande qualité qui ne peut être nocif pour l'être humain.

Figure 18 : Il est important de faire chauffer les légumes.

7.3 Préparation de repas et produits

On peut manger les fèves de soja mais on peut aussi les transformer en d'autres produits qui serviront de base à la préparation de toutes sortes de plats. Ces produits sont notamment : l'huile de soja, la farine de soja, le lait de soja et le fromage de soja (aussi connu sous le nom de tofu). Le mode de préparation des fèves de soja dépend du produit que l'on cherche à obtenir.

Les arachides sont beaucoup consommées grillées ou en appoint mais elles peuvent aussi entrer dans la composition d'un plat, être broyées pour faire une sauce ou encore être préparées en beurre d'arachide. Le beurre d'arachide est d'ailleurs devenu un produit très en vogue dans diverses régions car sa fabrication est facile et peut se faire sur une petite échelle.

Répétons que les légumineuses doivent toujours être cuites avant d'être mangées. La cuisson est en effet nécessaire pour neutraliser les éléments antinutritionnels et pour conserver au mieux la valeur nutritive du produit.

Faire tremper, blanchir ou griller

Il est parfois conseillé de faire tremper les fèves de soja pendant au moins 18 heures pour en atténuer le goût amer et farineux. Il n'est pas nécessaire et même déconseillé de les faire tremper plus de 24 heures car ceci favoriserait la croissance de micro-organismes. Avant d'employer les fèves, il faut les faire tremper dans trois fois leur volume d'eau (une tasse de fèves pour trois tasses d'eau). L'eau de trempage doit ensuite être jetée et ne doit jamais être utilisée pour la préparation des fèves car le goût amer du soja resterait.

Il arrive aussi que l'on conseille de blanchir les fèves pendant environ 20 minutes (en les jetant dans l'eau bouillante). Après le blanchiment, on peut enlever leur peau en les plongeant dans l'eau froide et en les frottant entre les mains.

Une troisième possibilité consiste à faire griller les fèves de soja dans une poêle sèche. Il faut ensuite les faire refroidir et enlever les peaux en faisant rouler les grains sur une surface plate et propre au moyen d'un ustensile adapté (rouleau à pâtisserie).

Fèves de soja cuites

Les fèves de soja peuvent être mangées dans leur totalité, comme c'est le cas pour d'autres légumineuses. Il faut alors choisir des fèves bien pleines mais encore à moitié mûres.

- Ôter la saleté des fèves de soja écossées
- Faire tremper les fèves pendant 18 à 24 heures
- Les nettoyer dans une eau propre.

Faire bouillir de l'eau et y faire cuire les fèves pendant 30 à 60 minutes en fonction des conditions sur place. On peut ajouter du sel pendant la cuisson.

Les fèves de soja cuites peuvent être servies pendant le repas ou constituer un appoint, bon marché mais très nutritif.

Huile de soja

Bien que le soja soit une sorte de légume, il est plus riche en huile que la plupart des légumes. Il est de ce fait classé dans la catégorie des céréales oléagineuses et est beaucoup employé pour la production d'huile. L'extraction de l'huile des graines de soja se fait suivant plusieurs techniques, allant du simple pressoir en bois à des méthodes d'extraction plus modernes recourant à des produits solvants comme l'hexane. Il est cependant quasiment impossible de séparer complètement l'huile des protéines par pression et c'est pourquoi on a surtout recours à l'extraction pour la production commerciale de l'huile de soja. L'huile obtenue par extraction représente même 95% de la production aux Etats-Unis. Au niveau local, il est en revanche plus facile de produire de l'huile par pression et c'est la méthode la plus adaptée pour une fabrication sur une petite échelle.

L'huile de soja est employée dans la préparation des plats et dans l'assaisonnement de salades mais peut également être utilisée indus-

triellement, pour la production de margarine et de savon notamment. Les résidus obtenus après la pression peuvent être mis à profit pour fabriquer d'autres aliments mais servent en général à l'alimentation du bétail.

Farine de soja

La farine de soja est un produit dérivé de la pression de l'huile mais peut aussi être obtenue différemment.

On peut faire de la farine de soja de la façon suivante :

- Enlever la saleté qui recouvre les fèves de soja
- Faire bouillir de l'eau (4 tasses pour une tasse de fèves)
- Y jeter les fèves et faire cuire environ 30 minutes
- Les sortir et les nettoyer dans de l'eau propre
- Faire sécher les fèves cuites au soleil sur une natte ou un drap propre
- Broyer les fèves séchées ou les apporter au moulin
- Tamiser les fèves écrasées ou moulues pour récupérer la farine
- Conserver la farine dans un emballage fermé et au sec.

C'est un ingrédient nourrissant qui s'emploie pour faire des bouillies et de gâteaux. On ne peut pas faire de pain avec la farine de soja car elle ne contient pas de gluten (elle ne lève donc pas) et peu d'amidon. Cette farine peut par contre être rajoutée à d'autres mélanges farineux pour en augmenter la valeur nutritive.

Lait de soja

Le lait de soja ne peut pas remplacer exactement le lait de vache et encore moins le lait maternel (allaitement au sein). Le lait de soja est cependant une boisson saine et un bon complément à l'alimentation quotidienne. En l'absence de lait de vache, le lait de soja est l'alternative la plus proche pour les enfants car il contient environ autant de protéines et de matières grasses que le lait de vache. Il peut également servir de base pour d'autres boissons et produits comme le café de soja, le yaourt de soja, le fromage de soja, etc. On peut le fabriquer de la façon suivante :

- Laver les fèves de soja et les débarrasser des saletés
- Les faire tremper pendant au moins 18 heures
- Vider l'eau de trempage et nettoyer les fèves une nouvelle fois dans de l'eau propre
- Ecraser les fèves dans 2 fois leur poids d'eau
- Essorer la pâte obtenue en s'aidant d'un torchon
- Mettre le liquide (le lait) de côté
- Broyer à nouveau ce qui forme le résidu dans 2 fois son poids d'eau et essorer la pâte obtenue. Répéter cette opération encore une fois (au total : 3 fois broyer et essorer)
- Faire cuire le lait pendant 10 minutes pour en éliminer les substances antinutritionnelles.

Figure 19 : Transformation à petite échelle des fèves de soja ; on presse les fèves pour extraire le lait de soja.

Le goût du lait de soja est assez neutre. On peut lui donner une saveur en y ajoutant du sucre, du sel, du sucre de palmier, de la vanille, du cacao, du café ou un autre aromatisant.

Tofu ou fromage de soja

Le tofu est du lait de soja caillé qui ressemble à du fromage frais. On le fabrique et le mange en Chine et au Japon depuis très longtemps. De grande valeur nutritive et de goût neutre, le tofu se combine très bien avec de nombreux ingrédients. Il peut être apprêté avec de la viande et du poisson mais peut aussi servir de substitut économique à ces deux aliments.

Le tofu peut être préparé de la façon suivante :

- Faire cuire 1 litre de lait de soja dans une casserole en remuant constamment pendant 3 à 5 minutes pour éviter que la casserole n'accroche

- Retirer la casserole du feu et ajouter 20 à 40 ml d'acide acétique (vinaigre) au lait de soja. Continuer à bien remuer jusqu'à ce que l'ensemble coagule
- Verser ce coagulé dans un torchon au-dessus d'un tamis pour procéder au filtrage
- Replier le torchon au-dessus du filtre et poser un poids dessus pour que l'eau s'égoutte le plus possible. Pour un pressurage léger, employer un poids de 2 kg/100 cm² et pour un pressurage lourd, un poids de 5 kg/100 cm² .

C'est ainsi qu'on obtient une masse compacte. Avec un pressurage lourd, on peut réduire la teneur en eau du tofu de 65%.

Pour éviter que le tofu ne se dessèche et se décolore, on le conserve dans l'eau. On peut ainsi le conserver 1 ou 2 jours à température ambiante et plus longtemps s'il est réfrigéré.

Que peut-on en faire ? Le tofu peut également être apprêté de différentes façons ; coupé en cubes et cuit dans l'huile par exemple, ou servi avec une sauce aux légumes, au beurre de cacahuètes ou à la sauce tomate. On peut aussi mettre des cubes de tofu dans une soupe ou dans une potée. C'est délicieux !

Remarques :
- On peut aussi utiliser le vinaigre de table en guise de solution d'acide acétique (il y a 4% d'acide acétique dans le vinaigre de table)
- On peut utiliser d'autres produits chimiques pour remplacer l'acide acétique comme :
  - 20-40 ml d'une solution de chlorure de calcium à 10%
  - 20-40 ml d'une solution de chlorure de magnésium à 10%
  - 20-40 ml d'une solution d'acide lactique à 4%
- N'utilisez pas plus de 20 à 40 ml d'acide acétique, chlorure de calcium, chlorure de magnésium ou d'acide lactique pour 1 litre de lait de soja. Une quantité supérieure pourrait justement faire baisser la quantité de produit obtenue.

Tempé

Le tempé est du soja ensemencé par des moisissures et fermenté qui peut remplacer la viande dans les repas chauds et dans lequel on distingue encore les fèves. Le tempé peut être mangé mariné (dans une sauce soja par exemple), cuit à l'étuvée, frit ou cuit à l'eau.

On peut amorcer le processus de fermentation en utilisant un morceau de tempé déjà prêt.

Le mode de préparation est le suivant :

- Envelopper une portion de tempé (déjà prêt) dans une feuille de banane que l'on aura perforée ici et là
- Déposer la préparation dans un endroit chaud et humide jusqu'à ce que la moisissure se développe et sorte par les trous de la feuille de banane. Cette moisissure servira de matériau d'inoculation
- Laver les fèves de soja séchées (jaunes)
- Faire tremper les fèves pendant une nuit
- Les faire cuire pendant 2 heures
- Faire à nouveau tremper les fèves pendant 24 heures dans de l'eau froide. L'acide lactique se mettra à fermenter pendant cette période ce qui fera baisser le taux d'acidité (pH)
- Oter les peaux des fèves que l'on fera sécher à l'air libre, pour que l'excédent d'humidité s'évapore, avant de les écraser légèrement
- Répartir le mélange fait de tempé préparé antérieurement sur la pâte de haricots pour y transporter la moisissure. Les moisissures de tempé sont : le rhizopus oryzae, rhizopus oligosporus et d'autres sortes de rhizopus sp.
- Répartir cette pâte sur les feuilles de banane que l'on lie ensuite pour les fermer.

Dans les climats tropicaux, la fermentation se fait rapidement et est terminée 24 heures après, lorsque les moisissures se sont développées sur l'ensemble de la pâte qui est devenue une pâte compacte.

Le tempé frais doit être consommé dans les deux jours au plus qui suivent sa préparation. Séché, il peut se conserver plusieurs mois.

8 Recettes

Préparé suivant les différents modes décrits dans le chapitre précédent, le soja peut être utilisé dans diverses recettes et être apprêté dans des plats délicieux et sains. Ce chapitre fournit des idées sur les multiples façons de préparer le soja. Pour une grande partie d'entre elles, ces recettes ont été conçues sur place au Ghana où on a beaucoup d'expérimenté avec le soja. Vous pouvez vous-même laisser aller votre créativité et inventer des recettes pour vos repas quotidiens à partir de cette plante saine.

8.1 Soja en appoint

Figure 20 : Faire des appoints

Fèves de soja frites

Ingrédients :

- fèves de soja
- huile

Préparation :

1 Laver les fèves de soja dans de l'eau propre en ôtant les saletés
2 Faire tremper les fèves dans une grande quantité d'eau pendant 18 heures ou les faire cuire dans l'eau bouillante pendant 30 minutes (selon l'odeur souhaitée)
3 Ôter si nécessaire les peaux des fèves en les frottant avec les mains et les rincer à l'eau propre (et non avec l'eau de trempage !)
4 Vider l'eau et faire sécher les fèves à l'air libre jusqu'à ce qu'elles soient bien sèches en surface
5 Faire chauffer de l'huile dans une poêle et y faire frire les fèves de soja dans des petites quantités jusqu'à obtention d'une couleur brun clair (environ 5 minutes)
6 Jeter l'huile restante
7 Ajouter du sel et du poivre à discrétion et servir.

8.2 Plats principaux

Salade de tofu à la sauce de cacahuètes (Gado Gado)

Salade de tofu
Ingrédients :
- tofu
- œufs durs
- légumes disponibles sur place comme les carottes, haricots (verts), chou blanc, légumes en feuilles, etc.
- germes de haricots mungo ou de soja
- sauce aux cacahuètes (voir recette sauce aux cacahuètes)
- oignons coupés en lamelles et frits

Préparation :
1 Découper le tofu en cube ou tranche et le faire dorer dans l'huile
2 Faire cuire les légumes pendant 5 à 10 minutes
3 Faire blanchir les germes rapidement dans de l'eau bouillante
4 Répartir les légumes et le tofu sur les assiettes et y rajouter les œufs durs
5 Verser la sauce aux cacahuètes sur la salade puis garnir avec les oignons.

Sauce de cacahuètes
Ingrédients :
- 100 grammes de cacahuètes
- 2 piments
- sel
- 40 grammes de sucre de palme ou éventuellement de sucre de canne
- un petit morceau de tamarin ou une cuillère à thé de jus de citron

Préparation :
1 Faire griller les cacahuètes dans le four ou dans de l'huile bien chaude
2 Débarrasser les cacahuètes de leur peau et les écraser jusqu'à obtention d'une pâte fine

3 Écraser les piments, que l'on aura préalablement salés, le plus finement possible
4 Mélanger le sucre au tamarin et pétrir tous les ingrédients jusqu'à obtention d'une pâte ferme
5 La base de la sauce aux cacahuètes est prête
6 Pour obtenir une sauce liquide, il faut rajouter de l'eau chaude à hauteur d'un volume de base de sauce pour 2 volumes d'eau.

Omelette au tofu

Ingrédients :

- 100 grammes de tofu
- 1 œuf
- du sel et des aromatesherbes à discrétion
- huile

Préparation :

1 Découper le tofu en petits cubes
2 Casser l'œuf dans un bol et le battre à la fourchette
3 Y ajouter le tofu et éventuellement du sel
4 Faire chauffer l'huile dans une poêle et y faire revenir le mélange jusqu'à ce que le dessus de l'œuf soit sec.

Remarques :

1 On peut également rajouter des légumes locaux à la préparation aux œufs.
2 Cette omelette de tofu peut remplacer la viande dans un plat au riz ou aux pommes de terre.

Sauce soja aux légumes

Ingrédients :

- 1 tasse de farine de soja
- mélange de légumes au choix
- sel
- tomates
- oignons

Préparation :
1 Laver les légumes et les couper en morceaux
2 Faire cuire les légumes à l'eau pendant 10 minutes
3 Ajouter du sel
4 Ajouter un peu d'eau à la farine de soja pour rendre le mélange homogène
5 Ajouter la préparation de soja aux légumes
6 Faire encore cuire pendant 5 minutes
7 Servir notamment avec du riz, du sorgho ou de la bouillie de maïs ou des pommes de terre.

8.3 Pain et gâteaux

Crêpes de soja

Ingrédients :
- 1 tasse de farine de soja
- ½ tasse d'huile végétale
- 3½ tasses de lait de soja
- 4 cuillères à thé de levure
- ½ tasse de sucre
- 2 tasses de farine de blé ou de maïs
- 2 œufs
- sel

Figure 21 : Broyer

Préparation :
1 Mélanger les œufs à la farine de soja
2 Dissoudre le sucre dans une petite boîte de lait de soja et y ajouter le reste du lait de soja
3 Ajouter la farine de blé et le sel à la farine de soja, puis le lait sucré et mélanger le tout jusqu'à obtention d'une pâte homogène
4 Graisser et faire chauffer la poêle
5 Verser une petite quantité de pâte à chaque fois (sans remuer)
6 Retourner la crêpe après quelques minutes pour la faire dorer des deux côtés.

Biscuits de soja

Ingrédients :

- 1 tasse de lait de soja
- 1 tasse de farine de blé ou de maïs
- 4 cuillères à soupe de sucre
- un peu de sel
- de l'huile pour faire frire

Préparation :

1 Mélanger tous les ingrédients
2 Ajouter de l'eau pour obtenir une pâte compacte
3 Former des petites boules avec la pâte
4 Faire frire les biscuits dans l'huile très chaude des deux côtés jusqu'à ce qu'ils soient dorés.

Pousses de soja

Ingrédients :

- fèves de soja
- de l'eau

Préparation :

1 Débarrasser les fèves des saletés et enlever les fèves abîmées
2 Faire tremper les fèves pendant 10 heures (une journée) dans beaucoup d'eau
3 Jeter l'eau et bien laver les fèves à la passoire
4 Répartir les fèves en une fine couche ((max 1 cm au plus) sur un tamis que l'on recouvre ensuite d'un torchon humide
5 Asperger les fèves deux fois par jour avec de l'eau propre de sorte qu'elles restent humides
6 Des pousses de 3 à 5 cm apparaissent au bout de 3 à 5 jours
7 Faire cuire les fèves dans de l'eau bouillante pendant 3 à 5 minutes. Elles pourront alors être consommées. Les pousses de soja sont utilisées dans des salades et des potées notamment.

8.4 Recettes diverses

Yaourt de soja

Ingrédients :

- lait de soja
- bactéries de yaourt en poudre : Lactobacillus Bulgaricus et Streptococcus Thermophilus

Préparation :

1 Faire cuire 85 ml de lait de soja pendant 5 minutes. Laisser refroidir jusqu'à une température d'environ 30°C (température de la pièce dans les climats tropicaux) et dissoudre 1 gramme de bactérie de yaourt en poudre dans le lait
2 Laisser le mélange reposer pendant 15 à 18 heures à une température d'environ 37°C (four) ou à température de la pièce (climats tropicaux)
3 Mélanger les 85 ml de lait fermenté au litre de soja. Garder la préparation 24 à 48 heures à la température de la pièce jusqu'à ce que le yaourt se forme
4 Le yaourt peut se manger avec du sucre, du sirop de fruit ou des compotes de fruits.

Bouillie de soja (nourrissant pour les jeunes enfants !)

Ingrédients :

- 3 cuillères à soupe de farine de soja
- 1 tasse de farine de maïs
- 2-3 tasses d'eau
- sel et sucre à discrétion

Préparation :

1 Bien mélanger la farine de maïs à la farine de soja et ajouter un peu d'eau pour obtenir une pâte homogène
2 Faire bouillir le reste de l'eau
3 Y ajouter la pâte préparée et tourner sans cesse sur le feu pour éviter la formation de grumeaux
4 Faire cuire la bouillie pendant 20 minutes
5 Ajouter du sel et du sucre à discrétion.

9 L'introduction du soja au niveau local

L'introduction de nouvelles denrées alimentaires ne va jamais de soi. Les habitudes alimentaires sont fortement enracinées dans les traditions et sont difficiles à changer. Les nouvelles denrées alimentaires sont souvent regardées avec méfiance dans un premier temps et c'est pourquoi il est si important de bien mettre en avant les qualités d'un nouvel aliment. S'agissant du soja, il s'agit de bien faire connaître ses vertus pour la santé, à savoir sa grande valeur nutritive, qualité très importante dans le cas d'une alimentation peu variée.

Une bonne façon d'introduire le soja est de l'offrir en supplément de l'alimentation quotidienne, en en-cas ou en boisson par exemple. On peut encore penser à une utilisation du soja dans des sauces aux légumes. Des pâtes de haricots sont également mangées dans différents pays du monde et le soja peut être ajouté au mélange de haricots ordinaires. Ces sortes de pâtes de haricots (frites) sont souvent très relevées, ce qui fait ressortir le goût du soja.

Les groupes de femmes peuvent jouer un rôle important dans la réussite de l'introduction du soja. En faisant la découverte d'une nouvelle plante ou aliment au sein d'un groupe, les femmes peuvent échanger leurs expériences et s'essayer à de nouvelles recettes. On peut envisager dans un premier temps de préparer toutes sortes de recettes avec du soja. Mais la fabrication de produits à base de soja peut également constituer une nouvelle opportunité pour augmenter ses revenus et améliorer la sécurité alimentaire.

Au Ghana, des groupes de femmes se sont activement intéressées au soja : elles le cultivent collectivement et cherchent ensemble à élaborer de nouvelles préparations à base de soja pour les vendre sur le marché local.

La culture du soja reste cependant plus souvent l'affaire des hommes. Pour commencer, il est bon d'avoir des champs d'expérimentation afin d'étudier la meilleure façon de cultiver cette plante et d'obtenir les meilleurs rendements. Ce sujet a été très largement traité dans les premiers chapitres de cet Agrodok.

Les expériences concluantes font souvent le tour du pays en déclenchant l'enthousiasme. L'introduction d'un nouvel aliment coûte du temps et de la patience mais avec de la créativité, le soja sera une nouvelle richesse pour l'agriculture et les habitudes alimentaires.

Annexe 1 : Légumineuses

Tableau 10 : Conditions de croissance des légumineuses alimentaires.

Nom français	Nom scientifique	climat/besoin en eau	Température	Sol
Arachide	Arachis hypogaea	250 – 650 mm en 3-4 mois ou 650 – 1300 mm en 4-5 mois ; supporte mal un excédent d'eau	20 °-35 °C	Sol légèrement sablonneux avec suffisamment de matières nutritives pour la croissance des graines en terre
Pois cajan	Cajanus cajan	800-1000 mm	20 °-40 °C	La seule légumineuse de cette liste à supporter quelque peu les sols salins
Pois chiche	Cicer arietinum	Assez exigeant, suffisamment d'eau pendant la période de croissance végétative ; pas d'averse pendant la floraison.	15 °-30 °C	Pousse sur des sols légers et plus lourds si bien drainés, pH entre 6 et 9, très sensible aux sols salins et acides
soja	Glycine max	700-1000 mm	20 °-30 °C	Pousse bien sur des sols lourds si bien drainés. Sensible aux sols salins et basiques.
Lablab	Lablab purpureus	600-900 mm résistant à la sécheresse, plus que le soja ou Phaseolus sp		
Lentille, lentillon	Lens culinaris	800-2000 mm	2 °-30 °C	
Pois du cap	Phaseolus lunatus	700-1000 mm		
Haricot commun	Phaseolus vulgaris	700-1000 mm supporte mal un excédent d'eau	10 °-30 °C	Sol limoneux, assez fertile PH 5.0 – 7.5 structure du sol friable importante pour un bon rendement.
Pois	Pisum arvense and pisum sativum	500-800 mm	10 °-30 °C supporte des températures en dessous du zéro	pH 5.5 – 6.8, supporte quelque peu les sols salins, réclame un sol bien labouré à structure friable et bien drainé.
Niébé, vigna	Vigna unguiculata syn Vigna sinensis	600-900 mm	20 °-35 °C	

Tableau 11 : Espacement du semis et densité.

Nom français	Nom scientifique	Espacement du semis cm x cm	Densité du semis (kg grains / ha)
Arachide	Arachis hypogaea	30x30 cultivé manuellement 60-40 x 15 cultivé à la traction animale	50-80
Pois cajan	Cajanus cajan	60-40 x 30-45; 180 x 150 Puerto Rico ; 150 x 150 Afrique orientale; 90 x 60 Sri Lanka	13-22 Inde; 9 Sri Lanka
Pois chiche	Cicer arietinum	30-60 x 10	
soja	Glycine max	60 x 5 ; 50 x 2-3 cultivé mécaniquement	55-65 Asie 22-34 Afrique
Lablab	Lablab purpureus	80 x 10; 80 x 20 Soudan	55-65 Asie 22-34 Afrique
Pois du cap	Phaseolus lunatus	75-60 x 10-15 races à grosses graines 75-60 x 7.5-12.5 races à petites graines	36-78 petites graines, 130-170 grosses graines
Haricot commun	Phaseolus vulgaris	90-5- x 22-5; 60 cm dans les doubles rangs et 15-30 dans les rangs simples; Les grimpants ont besoin de supports.	30; 45; 55; 70; 90; 115
Pois	Pisum arvense et pisum sativum	Races naines 18 – 25 x 5, Races semi-naines 30-65 x 5, Races très branchues 100 x 5	80
Niébé, vigna	Vigna unguiculata syn Vigna sinensis syn Vigna sesquipedalis	90 x 30; 45 x 15; 50 x 50; 50 x 40	22; 33
Haricot kilomètre	Vigna unguiculata ssp sesquipedalis syn Vigna		
Sesquipedalis	100 x 30-50 ; exige des supports	25-50	
Voandzou, pois bambara	Vigna subterranea syn. Voandzeia subteranea	45 x 10-15; 2 rangs sur buttes séparés de 90 cm	35; 50; 65

Annexe 2 : Traitement du soja au rhizobium

Lorsqu'il s'avère que le soja ne peut former de nodule sans apport de rhizobium, il faut traiter la plante ou l'inoculer. Cette opération n'est pas toujours simple à mettre en œuvre. Dans les pays où la consommation est déjà bien établie, il sera assez facile de se procurer des produits de rhizobium auprès des services de conseils agricoles. Autrement, il faudra prendre contact avec des stations d'expérimentation agricole dans le pays ou dans un pays voisin.

Il existe deux façons de procéder à l'inoculation :
- en inoculant la graine avec du rhizobium avant de la planter
- en inoculant avec du rhizobium le sol du champ où on sèmera le soja.

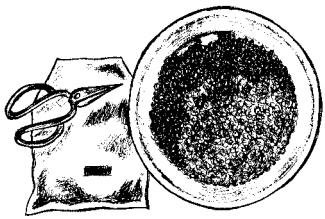
La première méthode est en général préférable car elle est plus simple à mettre en œuvre et parce qu'elle coûte moins cher. Il arrive cependant qu'il faille inoculer le sol, quand le sol est trop acide par exemple (pH<5), ou très sec, lorsqu'il contient beaucoup de rhizobia qui ne s'occupent que des nodules inactives ou encore lorsque la graine de soja a été traitée avec une substance chimique (fongicides, insecticides) que les rhizobia ne supportent pas. Les substances n'ont pas toutes fait l'objet de recherche et c'est pourquoi il vaut mieux partir du principe que l'inoculation de la graine avec le rhizobium ne contribuera pas à la formation de nodules lorsque la graine de soja a été traitée aux fongicides ou insecticides. Dans ces cas-là, le sol doit être inoculé.

Inoculation de la graine :
La poudre contenant le rhizobium (inoculant) est tout d'abord mélangée à de l'eau et tournée jusqu'à obtention d'une pâte boueuse (méthode à base de tourbe).

Matériel nécessaire pour inoculer la graine : la semence dans un récipient , le sac contenant l'inoculant, un gobelet d'eau

On fait une pâte avec l'inoculant et l'eaule mélange des ingrédients

On verse cette pâte dans le récipient contenant la semence



On mélange la pâte avec les graines de façon à les recouvrir sans les détremper. Il est conseillé de semer immédiatement.

Figure 22 : Inoculer la semence.

Cette méthode est la plus couramment employéente dans le monde. En Bolivie, on produit et commercialise des inoculants avec de très bons résultats depuis 1991. Les bactéries du rhizobium meurent moins vide pendant le séchage lorsqu'on ajoute du sucre à la pâte. Il est important que les graines ne soient pas trop mouillées car elles colleraient les unes aux autres ou seraient plus vite abîmées par la machine à semer.

Les quantités suivantes sont conseillées pour le soja : pour 25 kg de graines, on ajoute 250 ml d'eau et 110 grammes de poudre de rhizobium. (Il faut adapter les quantités aux quantités de graines réellement employées ; on peut éventuellement faire un tableau)

Il arrive parfois que la poudre soit ajoutée sèche à la semence dans la machine à semer. Cette méthode est plus simple mais elle est à déconseiller car la poudre se disperse dans l'air et est bel et bien perdue.

L'inoculation de la semence n'est effective que lorsqu'elle a lieu juste avant l'ensemencement. La graine pré-inoculée qui est vendue dans le commerce donne la plupart du temps des résultats décevants. Il n'est donc pas recommandé de s'en servir.

Fréquence des inoculations
En Bolivie, on considère que la présence de rhizobium dans les champs n'est plus suffisante lorsque le champ n'a pas été cultivé en soja pendant plus de 5 ans. Le mieux est de toujours inoculer la semence, ce que les Boliviens considèrent comme une « assurance bon marché ».

Inoculation du sol

Mélanges liquides
Au Sénégal, l'inoculation de fèves de soja a donné de bons résultats lorsqu'on répand 5 litres d'une solution comprenant 2/3 de poudre et 1/3 d'eau sur un hectare de terre. La solution est étendue au moyen d'un pulvérisateur.

Grains

Des grains poreux peuvent être traités au rhizobium et être répartis avec les fèves de soja au moyen de la machine à semer ou de machines spéciales qui peuvent disséminer les insecticides sous forme de granulés dans les rangs. Une quantité d'inoculant de 6 à 8 kg peut suffire. (On ne dispose pas d'informations pratiques sur les quantités de rhizobium dans l'inoculant)

Avant d'acheter un inoculant, il est bon de vérifier certaines choses, qui doivent d'ailleurs figurer sur l'emballage :

- le nom scientifique de la sorte de rhizobium (pour le soja R japonica)
- le mode d'emploi ;
- les conditions dans lesquelles le produit doit être conservé : pas au-dessus de 40° C sinon les bactéries du rhizobium meurent. Un inoculant peut se conserver pendant 6 mois s'il est stocké à une température d'environ 20° C. Il se conservera encore plus longtemps à une température de 4° C.
- la date d'expiration après laquelle le produit ne doit plus être employé.

Annexe 3 : Information sur l'inoculation

Une bonne façon de convaincre les paysans de l'utilité de l'inoculation est de faire un essai comparatif simple entre différents modes de traitement.

1 inoculer les plantes de soja inoculées avec le meilleur inoculant disponible dans la région

2 ne pas inoculer ni ne donner d'engrais

3 ne donner que des engrais chimiques (si cela est conseillé pour la région)

Pour chaque traitement, on prépare une parcelle que l'on ensemence en gardant 0,60 m de distance entre les rangs et 3,5 cm entre les graines dans les rangs. Chaque parcelle doit compter au moins 4 rangs, ce qui signifie que la largeur du champ doit être de 2,40 m.

Chaque parcelle se présente alors ainsi :

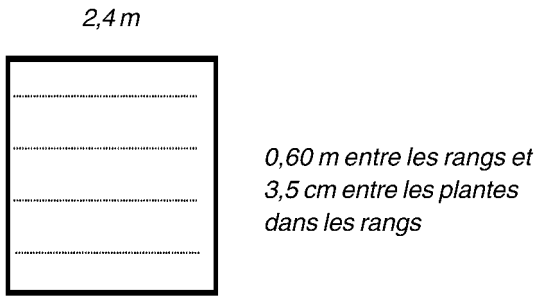


Figure 23 : Une parcelle.

Pour éviter les effets du hasard, on répète l'essai trois fois, c'est-à-dire que l'on aura 3 parcelles pour chacun des traitements. Les traitements étant au nombre de 3, il y a 9 parcelles en tout.

En laissant des passages de 0,5 m entre les parcelles, le champ d'expérimentation se présente ainsi :

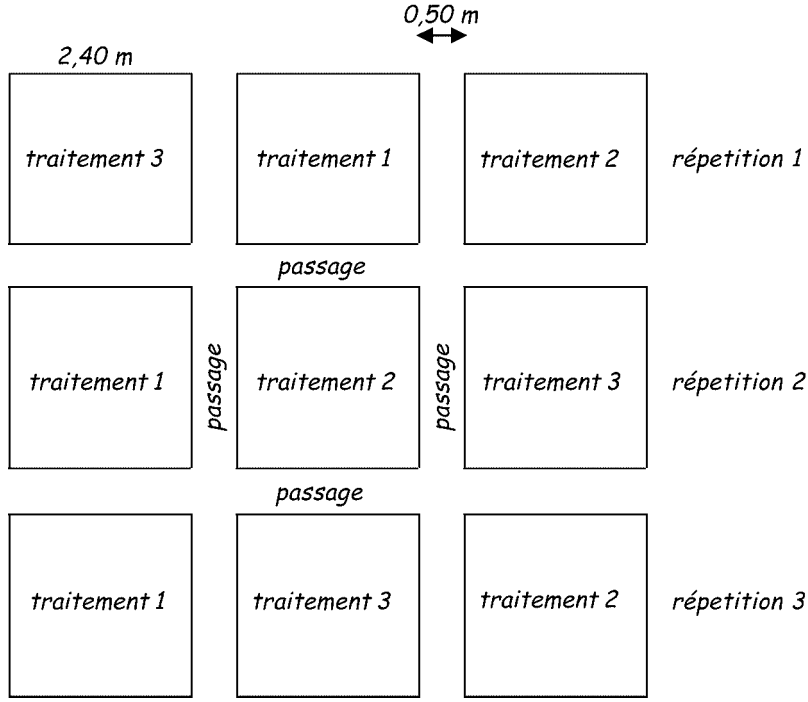


Figure 24 : Le champ d'expérimentation.

(Soit 450.000 plantes par hectare. Pour un poids de graines correspondant à 9000 graines/kg, il faut 65 kg de semence/ha et 286 grammes d'inoculant).

Pour chacune des parcelles, on ne s'intéressera qu'aux deux rangs centraux. En effet, les rangs extérieurs peuvent avoir reçu un peu du traitement donné aux parcelles voisines, ce qui biaiserait les résultats.

Bibliographie

Culture du soja

ACIAR Proceedings no 18. **Food Legume Improvement for Asian Farming Systems**, Proceedings of an international workshop held in Khon Kaen, Thailand, 1-5 September 1986 (editors Wallis, E.S. and Byth, D.E.) ISBN: 0949511-28-5.

Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), **Multilingual illustrated dictionary**. 1992. ISBN: 3-8236-1126-7.

Dupriez, H., De Leener, P., **Land and Life, Agriculture in African Rural Communities, Crops and Soils.** 1988, Macmillan Publishers in association with Terres et Vie and CTA.

Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO), **Leguminous Inoculants and their use.** 1984, A pocket manual jointly prepared by Nitrogen Fixation for Tropical Agricultural Legumes (NifTAL) Project USA and FAO Fertilizer and Plant Nutrition Service.

Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO), **Tropical Soybean, Improvement and production.** 1994, Plant Production and Protection Series, Brazilian Agricultural Enterprise, National Soybean Research Centre (EMBRAPA-CNPSo).

ICARDA, **Winter Cereals and Food Legumes in Mountainous Areas.** 1988, International Centre for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA).

Johansen, C. et al. (editors), **Legumes in Rice and Wheat Cropping Systems on the Indo-Gangetic Plain – Constraints and Opportunities.** 2000, International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics.

Meneses, R., Waaijenberg, H., Piérola, L. (editors), **Las leguminosas en la Agricultura Boliviana Revision de Información.** 1996, Cochabamba, Bolivia.

Oram, P. and Abderrezak, B., **Legumes in Farming Systems.** 1990, ICARDA/ IFPRI Report.

Pandey, R.K., **A farmer's primer on growing soybean on riceland.** 1987, IRRI AND IITA.

Sinha, S.K., **Food legumes: distribution, adaptability and biology of yield.** 1977, Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO), Rome. ISBN: 92-5-100186-3.

Stanton, W.R., **Grain legumes in Africa.** 1966, 183 pp., Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO), Rome, Italy.

Summerfield, R.J., Roberts, E.H. (editors), **Grain Legume Crops.** 1985, Collins. ISBN: 245547-03.

Thio Goan Loo: **Small-scale processing of soybeans and some applications**, Royal Tropical Institute, Amsterdam, The Netherlands, 1971.

Alimentation et recettes

Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO), **Utilization of tropical foods: tropical oil seeds.** 1989, FAO Food and nutrition paper 47/5.

Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO), **Technology of production of edible flours and protein products from soybeans.** 1992, FAO service bulletin 97, FAO.

NEVO, **Dutch Nutrient Database**. 1996, Stichting Nederlands Voedingsstoffenbestand, Zeist, The Netherlands.

Schempp, R., **How can I cook soyabean?** 1989, Recipe book produced by the United Church of Zambia.